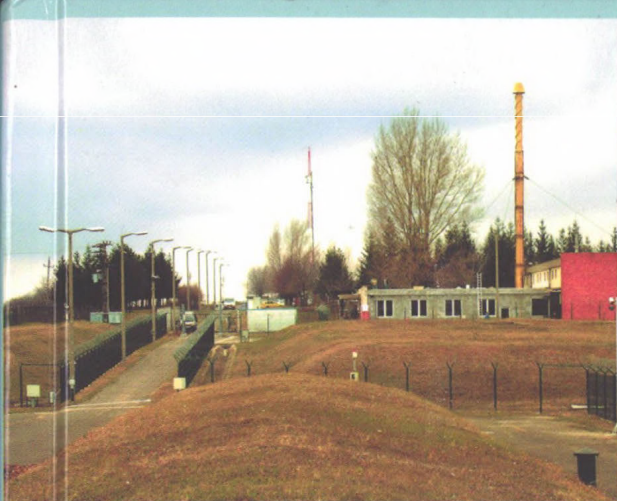
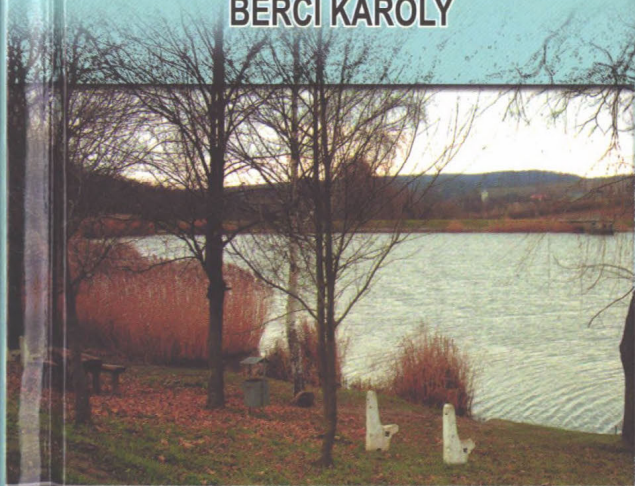


A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT

KÖRNYEZET-
ÉS
SUGÁRBIZTONSÁGA



Szerkesztette:
SCHWEITZER FERENC
TINER TIBOR
BÉRCI KÁROLY



**A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT KÖRNYEZET- ÉS
SUGÁRBIZTONSÁGA**

ELMÉLET-MÓDSZER-GYAKORLAT

58

Magyar Tudományos Akadémia
Földrajztudományi Kutatóintézet

Szerkesztette:

SCHWEITZER FERENC–TINER TIBOR–BÉRCI KÁROLY

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT KÖRNYEZET- ÉS SUGÁRBIZTONSÁGA

Szerkesztette:

SCHWEITZER FERENC–TINER TIBOR–BÉRCI KÁROLY

MTA Földrajztudományi Kutatóintézet

Budapest, 2003

A KÖTET SZERZŐI

I. fejezet: BALOGH JÁNOS, KERESZTESI ZOLTÁN, SCHWEITZER FERENC, SZALAI ZOLTÁN

II. fejezet: BADA GÁBOR, MÓNUS PÉTER, SZAFIÁN PÉTER, SZEIDOVITZ GYÓZÓ, TÓTH LÁSZLÓ, WINDHOFFER GÁBOR
ZSÍROS TIBOR

III. fejezet: FUTÓ ISTVÁN, MOLNÁR MIHÁLY, PALCSU LÁSZLÓ, SVINGOR ÉVA, SZANTÓ ZSUZSA

IV. fejezet: BALOGH JÁNOS, BALOGHNÉ DI GLÉRIA MÁRIA, HUSZÁR TAMÁS, JAKAB GERGELY, SCHWEITZER FERENC,
SZALAI ZOLTÁN

V. fejezet: BERÉNYI ISTVÁN, SOMOGYI SÁNDOR, TINER TIBOR

VI. fejezet: DÖVÉNYI ZOLTÁN

VII. fejezet: JUHÁSZ LÁSZLÓ, KEREKES ANDOR, SÁNDOR JÁNOS

VIII. fejezet: FÜLÖP NÁNDOR, JUHÁSZ LÁSZLÓ, KEREKES ANDOR, SZARKÁNÉ NÉMETH ÁGNES

IX. fejezet: DÖVÉNYI ZOLTÁN

X. fejezet: BÉRCI KÁROLY

Lektorálta:

KOC SIS KÁROLY ÉS MAROSI SÁNDOR

A kötet elkészítésében közreműködtek:

CSAPKÁNÉ LACZKÓ MARGIT, CSUTÁK MÁTÉ, JAKAB GERGELY, KAISER MIKLÓSNÉ, MÉSZÁROS ERZSÉBET,
MOLNÁR MARGIT, POÓR ISTVÁN, RUDNER EDINA, TÁRKÁNYI LÁSZLÓNÉ

Műszaki szerkesztő:

KERESZTESI ZOLTÁN

Minden jog fenntartva: a szerzők és a kiadó hozzájárulása nélkül sem a könyv egésze, sem részei semmilyen módon nem sokszorosíthatók, beleértve a fénykép, a xerox és egyéb reprodukciós módszereket is.

© SCHWEITZER FERENC FKI igazgató, témavezető

ISSN 0139-2875
ISBN 963 7395 55 4

TARTALOM

Ajánlás	9
1. GEOMORFOLÓGIAI, GEOÖKOLÓGIAI ÉS DOMBORZATMINŐSÍTÉSI EREDMÉNYEK	11
1.1. A kutatás célja és alkalmazott módszerei	11
1.2. A terület általános természetföldrajzi jellemzői	11
1.2.1. Kosdi-dombság	12
1.2.2. Pesti-hordalékkúp-síkság	12
1.2.3. Galga-völgy	14
1.2.4. Ecskendi-dombság	15
1.2.5. Gödöllői-dombság	15
1.2.6. Rétegtani-domborzati jellemzők	16
1.2.7. Éghajlati viszonyok	25
1.2.8. Vízgazdálkodási adottságok	25
1.2.9. Növényzet	27
1.2.10. Talajtani adottságok	27
1.3. A különböző domborzati formák jellemzői	28
1.3.1. Tetőszintek, tetőhelyzetű gerincek, völgyközi hátak	28
1.3.2. Eróziós völgyek	28
1.3.3. Eróziós-deráziós völgyek	30
1.3.4. Deráziós völgyek	30
1.3.5. Eróziós vízmosások, aszóvölgyek	31
1.3.6. Deráziós fülkék	32
1.3.7. Lejtőpihenő	32
1.3.8. Lejtőtípusok	32
1.3.9. Antropogén formák	33
1.4. A lejtőszövedés vizsgálati eredményei	33
1.4.1. Lejtőkategóriák	33
1.4.2. A lejtőkitettség térképezésének tapasztalatai	35
1.4.3. Reliefenergia térkép – domborzattagsági térkép	36
1.4.4. A felszabdaltsági viszonyok sajátosságai	36
1.5. A talajpusztulás felszínalakító szerepe az RHFT környezetében	37
1.6. A terület táj- (geo-) ökológiai térképezésének tartalma	38
1.6.1. A térképezés célja és várható eredményei	38
1.6.2. A térkép készítésénél alkalmazott módszerek	39
1.6.3. A növényzet jellemzése	42
1.6.4. A terület ökogeográfiai (táj) stabilitása	44
1.6.5. Beszivárgási és elfolyási modellezés ökotópokként	45
1.6.6. A táj- (geo-) ökológiai térkép kategóriái	51
1.6.7. Az eredmények összefoglaló áttekintése	56
2. A LÉTESÍTMÉNY ÉS KÖRNYEZETE GEOFIZIKAI, SZEIZMOLÓGIAI ÉS SZEIZMOTEKTONIKAI JELLEMZŐI	57
2.1. Célkitűzés és alkalmazott módszerek	57
2.2. Az RHFT környezetének földtani felépítése	58

2.2.1. A vizsgált terület lehatárolása	58
2.2.2. Földtani felépítés	58
2.3. Geológiai, geofizikai és geodéziai adatrendszerek	62
2.3.1. Feszültségtér fejlődése a korai miocéntől napjainkig	62
2.3.2. Reflexiós szeizmikus szelvények elemzése	66
2.3.3. Morfológiai elemzés	75
2.3.4. Szeizmitási viszonyok	80
2.3.5. Gravitációs anomáliák	80
2.3.6. Geotermikus adatok	81
2.4. Az adatrendszerek integrálása	83
2.4.1. Regionális tektonikai térkép	83
2.4.2. A telephely szűkebb környezetének tektonikai térképe	87
2.5. Összefoglalás	90
 3. AZ RHFT KÖZVETLEN KÖRNYEZETÉNEK HIDROLÓGIAI VISZONYAI	91
3.1. A talajvízfelszín digitalizált térképe, talajvízmozgások a létesítmény közvetlen környezetében	91
3.1.1. Digitalizált térképek	92
3.1.2. Vízmozgás	94
3.2. A vízkémiai vizsgálatok tapasztalatai	98
3.3. A stabilizotóp vizsgálatok eredményei	100
3.4. Radiokarbon koncentrációk és eloszlás	102
3.5. Trícium koncentrációk és eloszlás	103
 4. A TALAJERÓZIÓS VIZSGÁLATOK TAPASZTALATAI	105
4.1. Kutatási célok és várható eredmények	105
4.2. Genetikai és talajeróziós térképezés	105
4.3. Talajpusztulás térképezése az EPIC modell alkalmazásával	110
4.3.1. A modell felépítése	110
4.3.2. Az EPIC modell input paraméterei	111
4.3.3. A szimuláció eredményei	113
4.4. Extrém csapadékeseményhez kötött talajerózió vizsgálata a WEPP modell alkalmazásával	116
4.4.1. A modell sajátosságai	116
4.4.2. Alapkonceptciók	117
4.4.3. Időjárási adatok előállítása	117
4.4.4. Beszivárgás és lefolyás	117
4.4.5. Talajtulajdonságok	118
4.4.6. Lejtőerózió és lerakódás	118
4.4.7. A WEPP modell input paramétereinek meghatározása	118
4.4.8. A WEPP modell által számított eredmények	120
4.5. Az esőszimulátorral végzett vizsgálatok	120
4.5.1. A Pannon R-02 esőszimulátor	120
4.5.2. A szimulált eső tulajdonságai	121
4.5.3. Az esőterhelés, beszivárgás a talajba és a lefolyás mérése	123
4.5.4. A Pannon R-02 esőszimulátor alkalmazása a püspökszilágyi RHFT területén	123
4.5.5. Talajok víznyelő- és vízáteresztő-képességének vizsgálata esőszimulátorral	125
4.5.6. A talajelhordás mennyiségének vizsgálata	127
4.6. A talajeróziós mérőkeretben elvégzett parcellakísérlet eredményei	128
4.6.1. A parcella kiépítése	128
4.6.2. A „K” erodálhatósági tényező meghatározása	129
4.7. Összegző értékelés	131

5. BEL- ÉS KÜLTERÜLETI VÍZHASZNÁLATOK, FÖLDHASZNOSÍTÁSI JELLEMZŐK	133
5.1. A vizsgált terület hidrogeográfiai viszonyai	133
5.1.1. Vízháztartási sajátosságok	133
5.1.2. A felszín alatti vizek jellemzői	133
5.2. A vízügyi infrastruktúra kiépítettsége és tulajdonviszonyai	134
5.2.1. Püspökszilágy	136
5.2.2. Kismémedi	139
5.2.3. Váckisújfalu	140
5.3. A vízfelhasználásban várható jövőbeni változások	141
5.4. A terület földhasznosításának jellemzői	142
6. A VIZSGÁLT TÉRSÉG TELEPÜLÉSEINEK DEMOGRÁFIAI SAJÁTOSSÁGAI	145
6.1. Bevezetés	145
6.2. A vizsgálatnál alkalmazott módszerek	147
6.3. Népesedési háttér	148
6.4. Aktuális népesedési folyamatok a kérdőíves felmérés tükrében	150
6.5. A helyi társadalmak és az RHFT kapcsolatának jellemzői	155
7. A LAKOSSÁG EGÉSZSÉGÜGYI ÁLLAPOTA AZ RHFT KÖRNYEZETÉBEN	165
7.1. A vizsgálat célja és területe	165
7.2. Az RHFT körzetében élők rákos eredetű halálozási gyakoriságának értékelése	165
7.3. A rákos eredetű halálozások elemzésének eredményei	167
7.3.1. Az 1976–1998 közötti időszak jellemzői	167
7.3.2. Az 1980–1998 közötti időszak sajátosságai	168
7.3.3. Az 1989–1998 közötti időszakra vonatkozó mutatóértékek	169
7.4. A korcsoportonkénti elemzések tapasztalatai	170
7.4.1. A 15–59 éves korcsoport sajátosságai	171
7.4.2. A 60 év feletti korcsoport mutatói	172
7.5. A halálozási időtrend értékelése	173
7.6. Az RHFT körzetében megfigyelt daganatos betegségek miatti kórházi ellátás gyakorisága	174
7.7. A daganatos megbetegedések jellemző vonásai	176
7.8. Az RHFT körzetében élők között regisztrált veleszületett rendellenességek előfordulásának értékelése	178
7.9. A veleszületett rendellenességek elemzésének eredményei	179
8. A TÉRSÉG NÉPESSÉGÉNEK TÁPLÁLKOZÁSI SZOKÁSAI	181
8.1. A táplálékfogyasztási jellemzők felmérési lehetőségei	181
8.2. A vizsgálat módszertani jellemzői	181
8.3. A táplálékfogyasztás felmérésének eredményei	182
8.4. A lakosság jövedelmi viszonyai és fogyasztási jellemzői közötti összefüggések	185
9. ÉLETVITEL ÉS GAZDASÁGI TEVÉKENYSÉG	187
9.1. Bevezetés	187
9.2. A vizsgálatok módszere	188
9.3. A konyhakerti gazdálkodás jellemző vonásai	189

9.4. A gyümölcsstermelés néhány sajátossága	196
9.5. A térség lakosságának szőlő- és bortermelő tevékenysége	197
9.6. Az állattartás sajátosságai	199
9.7. A szántóföldi gazdálkodás néhány jellemzője	200
9.8. A vadon termő növények és vadon élő állatok táplálkozási célú felhasználása	203
 10. A TELEPHELY BIZTONSÁGI ELEMZÉSÉNEK EREDMÉNYEI	205
10.1. A radioaktív hulladéklerakók biztonsági értékelése	205
10.1.1. A biztonsági elemzés célja	206
10.1.2. A biztonsági elemzés folyamata	206
10.1.3. A hatások értékelése és az előírásoknak való megfelelés	208
10.2. A létesítmény kialakítása és üzemeltetése	208
10.2.1. Meghatározó tervezési megoldások	208
10.2.2. A normál üzemeltetésre és az üzemzavarokra vonatkozó tervezési megfontolások	210
10.2.3. A létesítés jellemzői	210
10.2.4. Segédlétesítmények és rendszerek	214
10.2.5. A hulladék átvétele és ellenőrzése	216
10.2.6. A hulladék kezelése és átmeneti tárolása	217
10.2.7. Hulladék-elhelyezési műveletek	218
10.2.8. Üzemviteli környezet-ellenőrzés	218
10.2.9. A telephely lezárása és intézményes ellenőrzése	221
10.3. A hosszútávú környezetbiztonság értékelése	222
10.3.1. Az elhelyezett hulladéktípusok, jellemzők és mennyiségek meghatározása	222
10.3.2. A forgatókönyvek származtatása	223
10.3.3. Kibocsátási mechanizmusok és a forráserősség jellemzése	227
10.3.4. A telítetlen zónában megvalósuló anyagáramok	229
10.3.5. Hidrológiai modell	229
10.3.6. A bioszféra modellezés inputjainak összeállítása	233
10.3.7. Az egyéni és kollektív dózisszámítások	237
10.3.8. Érzékenység-vizsgálat	250
10.4. Az eredmények értékelése és a lehetséges/szükséges beavatkozásokra vonatkozó javaslatok	251
10.4.1. Az elhelyezett hulladékok és a mesterséges korlátok	252
10.4.2. Az üzemviteli fázis biztonsága	252
10.4.3. A hosszú távú viselkedést meghatározó tervezett megoldások	253
10.4.4. A hosszú távú környezetbiztonság értékelése	253
10.4.5. Összefoglalás	254
 Irodalom	255

Mellékletek

Kedves Olvasó!

A félelem rossz tanácsadó, tartja a közmondás. Félni általában azoktól a dolgoktól szoktunk, amelyeket nem ismerünk. Az ismeretek hiányára alapozott félelemkeltésre pedig manapság sokan alapoznak „környezetvédelminek” álcázott politikai, vagy egyéb akciókat. Egy adathalmazból néhány adat kiragadásával és bemutatásával, félígazságok súlykolásával egy laikus véleményét könnyen lehet manipulálni. A sajtó pedig könnyen világgá repíti a szenzációsnak vélt leleplező tényeket és máris kész az „ügy”. A szakember pedig – aki a kérdést jól ismeri, sokszor a szakmai pályafutását tette fel a témára – máris védekezni kényszerül. Megpróbálja megmagyarázni, megcáfolni a nagy vehemenciával tált, leleplezőnek szánt állításokat. A maga módján még vitába is száll az általában professzionálisan kommunikáló „környezetvédővel”, de ez a szerep már csak a vesztes szerepe lehet. A közönség szimpátiája nem lehet az övé, hiszen olyan dolgokról beszél, amiből az átlagember nem sokat ért meg. Az akció rendszerint a vádlók sikerével zárul, az illetékes döntéshozók a vitás kérdésben visszavonulót fújnak, leveszik a napirendről, tovább vizsgálódnak, elhalasztják a döntést stb. . .

Az előbb felsorolt stratégiát a rendszerváltás óta már számos esetben sikerrel alkalmazták szakmai döntések politikai és kommunikációs síkra tereléséhez. Ez a módszer csak akkor nem lehet sikeres, ha a szakmai döntéshozók mindig a lehető legnagyobb nyíltsággal kezelik az adott kérdést, a problémákat nem söpri az asztal alá. Ha a lakossági tájékoztatás a kezdetektől fogva nyílt és őszinte, akkor nem lehet „ügy”, vagy ha van is, nem éri el a gerjesztői által kívánt hatást.

A mai világban minden olyan létesítmény felkelti a szűkebb vagy tágabb környezete figyelmét, amely a természetes környezetet valamilyen módon megváltoztatja. Ilyenek a radioaktív hulladéktárolók is, hiszen a bennük elhelyezett hulladékok lebomlásukig – tehát hosszú ideig – veszélyesnek számítanak. Az 1976-ban létesített püspökszilágyi RHFT sokáig egyfajta egészségügyi intézményként a KÖJÁL, majd az ÁNTSZ irányítása alatt üzemelt. Az objektumot 1998-ban vette át a radioaktív hulladékok kezelésére kijelölt állami szerv, az akkor létrejött Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht. A létesítmény üzemeltetésének költsége azóta a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapból biztosított. Megkezdődött a telep teljes rekonstrukciója, újfajta biztonsági elemzések készültek, szinte minden megújult. Új alapokra helyeztük a lakossági tájékoztatást is, ebben partnerre lettünk a környező önkormányzatokban. Nem érezzük azt, hogy a környező településeken élők bizalmatlanok lennének, hogy rossz szemmel nézik a tároló működését. Nincsenek tabutémák, nincsenek megválaszolatlanul hagyott kérdések.

Ehhez a nyílt tájékoztatás politikához nyújthat kitűnő segítséget ez a könyv, amely az RHFT környezetének mindenre kiterjedő leírását tartalmazza a szakmai érdeklődők számára. Szerzői – a terület vizsgálataival hosszú idő óta foglalkozó tudományos intézetek munkatársai – nagy munkát végeztek, hiszen a mű egy komplex ökológiai rendszert mutat be, és taglalja a tároló és környezete kölcsönhatásait. Biztos vagyok benne, hogy az olvasó a végén úgy teszi le a könyvet, hogy nem maradnak kérdőjelek benne.

A szerzőket köszönet illeti az alapos munkáért, az olvasóknak pedig érdekes olvasmányt kívánok.

Barnabás István
üzemeltetési igazgató
Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.

MEGJELENT

A PAKSI ATOMERŐMŰ FÖLDRENGÉSBIZTONSÁGA

Szerkesztette: Marosi Sándor–Meskó Attila

A Paksi Atomerőmű telephelyének szeizmicitása és az objektum biztonsága szempontjából mértékadó földrengés meghatározásának érdekében már több mint egy évtizede kiterjedt, a földtudományok több területét érintő kutatások folytak a létesítmény területén és annak tágabb környezetében. A vizsgálatok során jelentős mennyiségű adat, geológiai, tektonikai, geofizikai, szeizmológiai, geotechnikai és geomorfológiai ismeret és tapasztalat halmozódott fel jelentések, szakvélemények, részben publikációk formájában.

A tanulmánykötet összefoglalja azokat a földtudományi vizsgálatokat, amelyek a Paksi Atomerőmű földrengésbiztonságának meghatározását, majd a becslés pontosítását lehetővé tették.

Az objektum tágabb és szűkebb környezetének geológiai felmérése, a tektonika és a neotektonika geológiai bizonyítékainak összegzése és értelmezése után a geofizikai vizsgálatokról adunk számot, majd a szeizmológiai összefoglalók következnek. A geomorfológiai fejezet a földtudományi vizsgálatoknak mintegy lezárása.

A könyvet geológus, geofizikus, geográfus és mérnökgeológus szakembereknek, valamint egyetemi hallgatóknak egyaránt ajánljuk.

MEGRENDELŐLAP

Megrendelem a **Marosi Sándor–Meskó Attila (szerk.): A PAKSI ATOMERŐMŰ FÖLDRENGÉSBIZTONSÁGA** című könyvet példányban. Ára példányonként 800,-Ft (ÁFÁ-val), amely összeget átutalással/posta utalványon fizetem (a nem kívánt szöveg törlendő)

Megrendelő (intézmény) neve:

Címe:

Ügyintéző neve:

Bankszámla száma:

..... év hó nap

.....
aláírás-bélyegző

1. GEOMORFOLÓGIAI, GEOÖKOLÓGIAI ÉS DOMBORZAT-MINŐSÍTÉSI EREDMÉNYEK

1.1. A kutatás célja és alkalmazott módszerei

A régóta működő püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (a továbbiakban: RHFT) környékén a komplex földrajzi vizsgálatokat az ebbe szükségessé, hogy egyrészt a műszaki létesítmény jelenlegi befogadó képessége a telítődéshez közeledik, másrészt a Paksi Atomerőműből kikerülő kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezése egyik lehetséges változataként felmerült a püspökszilágyi telephely bővítése is. Ehhez mindenekelőtt az objektum és közvetlen környéke komplex természetföldrajzi adottságainak, sajátosságainak részletes feltárására, a felszínfejlődés korábbi menetének megismerésére volt szükség. Célunk volt emellett a jelenlegi folyamatok hatásainak felderítése és ezek ismeretében a várható változások előrejelzése is.

A kutatás eredményeinek összefoglalása a rendelkezésre álló adatbázis felhasználása, továbbá terepi vizsgálatok, terepbejárások, fúrások és feltárások szelvényezése alapján történt.

Vizsgálati módszereink a szakirodalmi tájékozódás-értékelés, korábbi eredményeink célorientált csoportosítása-átértékelése alapján a terület helyszíni bejárását, meglévő feltárásokon kívül talajszelvények felvételezését, fúrások létesítését, mintagyűjtést, a szelvényezés és jegyzőkönyvezés során végzett helyszíni mintavizsgálatok kiegészítéseként laboratóriumi elemzésre begyűjtött mintavételezést, térképi megfigyeléseket, pontosításokat foglaltak magukba.

Munkánk első lépéseként a felszíni formák főbb típusait ábrázoltuk és minősítettük. Az ezt megalapozó, és az RHFT telephelyének alkalmassági minősítését befolyásoló elengedhetetlen térképeknek tekinthetők a geomorfológiai, a lejtőkategória, lejtőkitettség, reliefenergia, felszabdaltság és geoökológiai térképek.

A térképezési munkák során először 1:10 000 ma. térképeket készítettünk az RHFT tágabb (7 km-es) környezetére vonatkozóan, majd az RHFT szűkebb (1,5 km-es) körzetében részletesebb szempontok szerint 1:5000 ma.-ban szerkesztett térképek segítségével vizsgáltuk a telephely közvetlen környezetét. (E könyvben a térképek kicsinyített változatban szerepelnek.)

1.2. A terület általános természetföldrajzi jellemzői

A püspökszilágyi RHFT és annak 7 km sugarú környezete a természetföldrajzi tájbeosztási rendszer kategóriáit, valamint számozási rendszerét alapul véve két nagytájunk, az Északi-középhegység (6.) és az Alföld (1.) találkozási területén fekszik.

A vizsgált terület 2/3-a az Északi-középhegység Cserhátvidék (6.3.) középtájához, azon belül a Nyugati-Cserhát (6.3.1.) kistájcsoport Kosdi-dombság (6.3.11.) nevet viselő, vál-

tozatos domborzatú kistájához tartozik. Ez a terület magába foglalja Püspökszilágy és Kisémedi községek közigazgatási területének döntő hányadát, ezen belül az RHFT teljes területét. A telephelytől D-re Vácbotyán, Erdőkeres, Örbottyán, Vácegres területei már ismét a Cserhátvidékhez tartozó Gödöllői-dombság kistáj (6.3.51.) részei.

Az RHFT-től K-re a Galya-völgy (6.3.22.) szélestalpú eróziós völgye külön kistáj. A vízfolyás bal oldali lejtői és vízválasztója az Ecskendi-dombság (6.3.23.) része (*térképmelléklet*).

A vizsgált környezet része a Püspökszilágytól DNy-ra elhelyezkedő Vácrátót térsége is, amely már az Alföldhöz tartozó Dunamenti-síkság (1.1.) középtáj Pesti-síkság (1.1.1.) kistájcsoporton belül helyezkedik el. A kistájcsoport a Pesti-hordalékkúp-síkság (1.1.12.) nevét viselő kistájának felszínarabja.

1.2.1. Kosdi-dombság

Az alacsony, 200–250 m tszf-i átlagmagasságú, hegységperemi dombság átmenet a Cserhát és a Duna-völgy síkja között. Orográfiai szempontból a felszín nagy része alacsony domblábi völgyközi hátaból és lejtőkből áll, 30%-a közepes magasságú tetőfelszín, amely néhol gerincekké keskenyedik.

A terület felszabdalt, fiatal denudációs felszíne elég erősen DK felé lejt. A legnagyobb lejtést utólagos, fiatal tektonikus mozgások alakították ki. Emiatt nemcsak a terület Vác–Rád–Vácduka közötti része süllyedt meg, hanem az említett ÉNy–DK irányú aszimmetrikus völgyek miatt az egész terület, hosszú, keskeny pásztaakra omlott, amelyek K-i oldala lebillent, Ny-i oldaluk pedig felemelkedett (LÁNG S. 1967).

A vizsgált felszínarab legidősebb rétegeit a felsőoligocén képződmények képviselik. Püspökszilágytól D-re, egészen Vácbotyánig (Örbottyánig) az eróziós völgyek végig követhetők, míg a Püspökszilágy–Vác vonulattól É-ra, ÉK-re a magasabbra felemelkedő dombok alakjában is katti rétegek észlelhetők (NOSZKY J. 1940).

A miocén andezittelérek (dyke-ok) megkopott telérformái a Szilágyi-patak baloldali meredek lejtőin 1–2 m szélességben törnek át az oligocén üledéket (*1.1. kép*), valamint Püspökszilágy közsétől DK-re a Várhegy anyagát (*1.2. kép*). A telérek a település feletti Malató-hegy 300 m tszf-i magasságú tetőfelszínén is nyomon követhetők. Az itt működő kőbánya rétegeiben posztvulkáni tevékenységre utaló forrásnyomok is találhatók. Az oligocén fekvő jórészt negyedidőszaki üledékekkel fedett, amelynek 20–30 m vastag rétegeit eróziós-derázis, valamint derázis által átalakított völgyek tagolják.

A kistájnak nagyon alacsony a vízfolyássűrűsége. A Gombás-patak, a Szódrákosi-patak és a Hartyáni-patak a Duna vízgyűjtője felé, míg a Némedi-patak és a Szilágyi-patak a Galgán keresztül a Tisza vízgyűjtője felé vezeti le a felszíni vizeket.

A terület jellemző talajtípusai az agyagbemosódásos barna erdőtalajok és barnaföldek. A löszön képződött barnaföldek a mezőgazdasági művelés hatására sok helyen csernozjom-barna erdőtalajokká alakultak.

1.2.2. Pesti-hordalékkúp-síkság

A vizsgált dombvidék K-i peremén kis foltban futóhomokkal fedett hordalékkúp sík, amely nem éri el a 150 m tszf-i magasságot, a Szódrákosi-patak bal partján húzódik É–ÉK–DNy



1.1. kép. Oligocén agyagrétegeket áttörő andezittelér a Szilágyi-patak völgyében



1.2. kép. A Szilágyi-patak meredek völgyoldalában kialakult deráziós völgyek, háttérben a püspökszilágyi Várhegy

irányban. A felszín a Duna felé lépcsőzetesen, a fiatal teraszok irányába fokozatosan alacsonyodik. A közepes magasságú síkot a Hartyáni-patak tagolja, a sík felszín futóhomok formák is élénkítik. A D felé nyitott, félmedenceszerűen megjelenő kistáj jellemző domborzati formái fluvialís és derázíós úton képződtek.

A táj kavicsanyagát a Gombás-pataktól D-re a vasút mentén az egykori nagy kavicsbánya tárta fel 8–10 m-es vastagságban. Itt a kavicsanyag felsőoligocén agyagra és homokos agyagra települt. A kavicsanyagot zömében nem lösz borítja, hanem vastag futóhomok fedi. Hatalmas kanyarulata lehetett itt a Dunának, mert a terasz anyaga a Sződ–Ilkamajor–Gödpuszta vonalig terjed (PÉCSI M. 1959).

A teraszfelszínbe a Szódrákosi-patak és a Hartyáni-patak enyhén bevágódott. Egy-mással összeérő szélestalpú allúviumuk, mocsaras, időszakosan belvizes felszínük tagolja a hordalékkúp felszínét. A lösztelenséget SCHAFARZIK F. (1928), NOSZKY J. (1935) és PÉCSI M. (1959) az óholocén Duna hatalmas oldalazó eróziójával magyarázza, amely lemarta a lösztakarót. Ennek pontosabb idejét a posztglaciális eróziós fázis elejére helyezhetjük, amikor a pleisztocén végi teraszba való bevágódás még nem volt nagyon előrehaladott stádiumban, és amikor főként az oldalazó erózió volt tevékeny.

A felszín vastagon borító futóhomok kétféle eredetű, részben a Duna árteréről az ÉK-i szelek fújta rá a hordalékkúp teraszfelszínére, részben a Duna felé tartó patakok hordalékanyagából fújta ki a szél. A Szódrákosi-patak, a Hartyáni-patak, valamint ettől D-ebbre a Tece-patak széles sávban alakították a felszínét, ezért sok homokfeltárás folyóvízi rétegzettséget mutat.

A vízfolyások vízjárása, vízhozama nagy szélsőségek között ingadozik. A Szódrákosi-patakon a KQ (kisvízi hozam) értéke $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$, a KÖQ (középvízi hozam) $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, az NQ (nagyvízi hozam) $33 \text{ m}^3/\text{s}$ körül alakul. A patak vizét Őrszentmiklósnál felduzzasztották, az így kialakított mesterséges tó partjára nagy hétvégi házas üdülőtelep épült.

A futóhomokon gyenge termékenyséű humuszos homoktalajok képződtek, míg a patakok allúviumán a réti és a lápos réti talajok kiterjedése az uralkodó.

1.2.3. Galga-völgy

A Galga völgye mint szomszédos kistáj Ny felől megközelítően É–D irányú aszimmetrikus völgyével határolja az RHFT területét hordozó Kosdi-dombságot. A folyóvölgy Püspökhátvan alatt fokozatosan kiszélesedik. Vonala egészen Galgamácsáig követhető a geomorfológiai térképen, ahol átlagos szélessége már 1,5 km. Ez a völgy szélesség a kistájon belül mindvégig fennmarad.

A Galga völgye az Alföld felől visszavágódott, széles talpú eróziós völgy. A magasabb eredeti térszínen felsőszakasz jellegű völgygel vágódott hátra. Így hódította el az Ecskendi-dombságról lefutó, egy régebbi hidrográfiai bázishoz tartozó vízfolyásokat. A Galga ma középszakasz jellegű völgyben folyik. A szakaszjelleg változásának megfelelően teraszos völgyet alakított ki magának a pleisztocén folyamán.

A teraszok közül a II.a. és a II.b. teraszmaradványok Galgamácsa környékén fordulnak elő kisebb-nagyobb darabokban, ami természetes, hiszen a völgyrendszer olyan kicsi, hogy ha volt is egykor összefüggő teraszrendszer, azt az eróziós felszínalakító folyamatok letarolták. A II.a. teraszmaradványokra épült Püspökhátvan és Galgagyörk települések egy része.

A Galga vízgyűjtőterülete 1213,4 km². Erre a tekintélyes területre vonatkozóan a vízállás a galgamácsi vízmércén mért értékek szerint 4–337 cm közötti, amely szélsőséges vízjárásra utal. A középvízszint azonban 56–71 cm közötti volt. A vízhozam mérések ugyanezen vízmérce szelvényében: KQ (kisvízi hozam) 0,045–0,6 m³/s, NQ (nagyvízihozam) 45–50 m³/s.

A Galga mellékvíz folyásai: a Berceli-, a Sági- és a Sinkár-patakok, az RHFT irányából lefutó Némedi-patak, valamint az Egres-patak. A Galga-vízgyűjtőn a hóolvadás okozza az áradásokat, mivel a júniusi esőzés árhulláma már kisebb. Ilyenkor a Galga teljesen előnti völgytalpát.

A talajvízszint a völgytalp alatt átlagosan 2–3 m mélységben húzódik. A völgy sávjának rétegvíz-készlete sem jelentős. Galgamácsa felett 0,25 l/s.km²-rel számolhatunk, alatta 0,5 l/s.km² adódik.

A terület talajai nyers öntéstalajok. A völgytalp sávja felett húzódnak a Kosdi-dombság és az Ecskendi-dombság lejtői, ahol löszön képződött barnaföldek találhatók.

1.2.4. Ecskendi-dombság

A kistáj meredek völgyoldalakkal kíséri végig a Galga bal parti részét, míg vele szemben a Kosdi-dombság lankás lejtői jellemzik a középtáj egészét uraló aszimmetrikus völgytípusokat. A felszín a Galga völgyétől DNy-i irányban fokozatosan lejt, legmagasabb részei itt 300 m-rel vannak a tszf. A tetőket, lejtőket lösz fedi, amely alatt nagy kiterjedésben helvéri slír van, alattuk pedig a kipreparált andezit telérek a jellemzőek.

Az Ecskendi-dombságra jellemző törések, vetődések Püspökhatvannál láthatók világosan (PEJA GY. 1932). Itt egymás után következő vetők emelik É-ről D-felé a slír képződményeket. A völgyekben felsőoligocén homokos rétegek bukkanak a felszínre, majd ezekre kárpáti mészkőrétegek következnek, erre települ a nagy kiterjedésű, vastag andezit és andezitbreccsa takaró.

Az alsómiocénben a dombság területe szárazulattá vált és a helvéri emelet végén indult meg K-ről a transzgresszió, amely lerakta a slír rétegeket. Ezután törtek fel a torton elején a piroxénandezit vulkánok. Az itt kialakult vulkanikus takaró anyagát valószínűleg a Kosdi-dombságon is áthúzódó nagy vulkáni repedések (Csörög, Püspökszilágy) hozták felszínre (1.1. kép).

A kistáj a Galga keskeny bal parti vízgyűjtőjéhez, ill. a Herédi-patakon keresztül a Zagyva vízgyűjtőjére vezeti le a felszín vizeit. Talajai legnagyobb részt löszön kialakult barnaföldek, kis részben csernozjom barna erdőtalajok.

1.2.5. Gödöllői-dombság

A kistáj É-i határa az Egres-patak vízválasztója, valamint a Pesti-hordalékkúp-síkság és az Őrbottyán feletti domblábi lejtők találkozása. A terület élénk felszínű, igen jól tagolt. A völgyhálózat és a néhol elkeskenyedő tetőfelszínnek futásiránya ÉNy–DK-i, legmagasabb pontja 290 m-re van a tszf.

A terület jellemző domborzati formatípusa a Vácegresi-völgytől az Erdőkertes–Őrbottyán vonalban kezdődő, hatalmas kiterjedésű holocén futóhomoktakaró, amely Erdőkertes területén homokbuckákkal élénken tagolt.

A Gödöllői-dombság Dunához közeli részének morfogenetikájára vonatkozólag megállapítható, hogy a mai felszíni formák kialakulásának kezdetét itt csak a felsőpliocéntól kezdve lehet számítani, mivel feltételezhető, hogy a felsőpannon beltő erre a területre még nem nyomult be. Az oligocén-neogén kőzetű felszínre kerültek a pliocén üledékek, majd ezek utólag ismét lepusztultak. A felsőpliocénben azután szárazulati, de süllyedő jellegű térszín lehetett a dombvidék területe. Ez keresztretegezett folyóvízi homokkal töltődött fel, amely zömmel dunai eredetű, de É-ről, a Kárpátokból érkező ösfolyók is hozzájárulhattak a feltöltéshez. Ennek következtében helyenként 200 m-es összlet keletkezett. A felszín hordalékkúp jellegű volt, amelyen még durvább kavicsból álló takaró is szétterülhetett. A homok anyaga a holocénben tovább akkumulálódott, ill. áthúzódott, létrehozva a táj homokformáit.

A vizsgált területre eső vízfolyások közül az első a Szódrákosi-patak, amely két fő ágából ered. A patak D-i ága Gödöllő közelében, Pusztajakab mellett fakad és D–É irányú széles, lapos völgyet vágott a főtí Somlyó és a szadai Margita rögei között lesüllyedt veresegyházi öblözetbe.

Veresegyház után a völgy ÉNy–DK csapású, hosszanti tektonikus törésbe fordul be, és a völgybevágódás a vékony futóhomok takaró alatt már a felsőoligocén agyagos, homokos rétegsort is eléri. Vácrátótnál egyszerre kimélyül a vízfolyás völgye és efelett torkollik bele a Tece-patak. A Szódrákosi-patak jellemző vízhozamai Szödligetnél: KQ 0,03 m³/s, KÖQ 0,4 m³/s, NQ 31 m³/s.

A kistáj második vízfolyása a Kosdi-dombság és a Gödöllői-dombság kistájhatárán eredő Egres-patak, amely Bagnál éri el a Galgát. A pataknak a bagi vízmérce szelvényében mért vízhozamai a következők: KQ 0,06 m³/s, KÖQ 0,6 m³/s, NQ 50 m³/s. Szélsőséges vízjárásával széles talpú eróziós völgyet alakított ki magának.

1.2.6. Rétegtani–domborzati jellemzők

A felsőoligocén, a pliocén¹ és a negyedidőszaki, főként löszből és lösszerű üledékekből felépült, hegységperemi, dombsági felszínrész, amely a hulladéklerakót foglalja magában, a Szilágyi-patak és a Némedi-patak által közrefogott területen helyezkedik el. A 0,7 km² nagyságú terület 230 m-es átlagmagasságú. A térképezett terület legmagasabb pontja 234 m, a legalacsonyabb 164 m tszf-i magasságú (2. térképmelléklet).

A vizsgált terület legnagyobb része hosszú, keskeny völgyközi hát, deráziós lépcsőkkel – feltehetően a patakok hajdani teraszmaradványaival – tagolt, kisebb része pedig széles, lapos eróziós patak völgy, vizenyős alluviális térszínnel. A vizsgált területhez É–ÉK-ről Püspökszilágy, Ny–ÉNy-ről pedig Kismémedi község kapcsolódik.

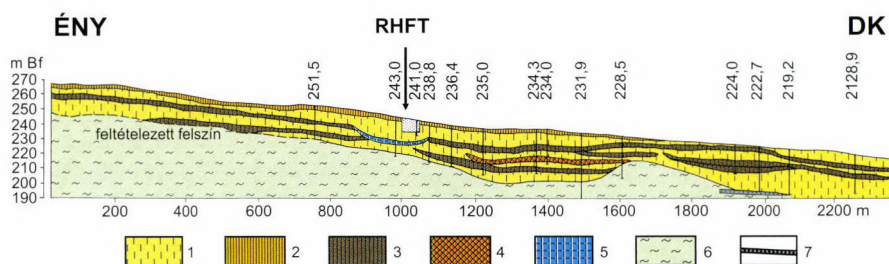
A változatos, vörösayaggal és sötétbarna fosszilis talajokkal tagolt pliocén és negyedidőszaki üledékek fektűjét – az FTV és a MÉLYÉPTERV fűrásadatai alapján – a felsőoligocén képződmények képviselik. Az oligocén üledék vastagsága 400–1200 m körüli. Alsó részében hárshegyi homokkő és tardi agyag, felső részében kiscelli agyag fáciesből áll.

A miocénben erősen lepusztult oligocén időszaki üledékösszlet egyenetlen felszínére vékony, 0,5–1 m vastagságú homokkő, kvarckavicsos, hegylábfelszint borító korrelatív üledék², majd vörösayag települ, amit a pliocén térszín teresztrikus üledékeként értelmezhe-

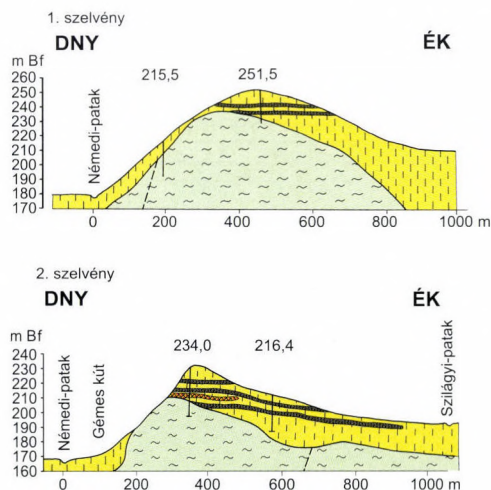
¹ A pliocén időszakon az 5,3–2,4 millió év közötti időszakot értjük.

² Genetikáját tekintve hordalékkúp-összlet erősen lepusztult maradványa.

tünk. A vörösayag a plasztikus index, ill. a fúrási jegyzőkönyv alapján nagy hasonlóságot mutat az ún. Dunaföldvári vagy Tengeliczi vörösayag formációval, aminek kora a hazai és nemzetközi adatok alapján 3–4 millió év közötti. A hegységperemi domborzat fejlődésében azonban már előbb, a felsőmiocén–alsópliocén határán jelentős változást eredményezett a Kárpát-medencében is kialakult felsívatagi klímaváltozás³, amihez a hegységperemen a heglábfelszínek kialakulása, hegységelőtérben a törmelékkúpos, nagy vastagságú homokösszletek – pl. a gödöllői homok, Órbottyán stb. – létrejötté vezetett. A térképezett terület is ennek a nagy kiterjedésű, gyengén lejtő egységes heglábfelszínnek a tartozéka volt. Rajta korrelatív üledékként a mállott oligocén homokkő kavicsos-törmelékes összlete képződött, aminek maradványait, csomkjait 0,5–1 m vastagságban néhány fúrásban meg lehet figyelni (1.1., 1.2. ábra).



1.1. ábra. Az RHFT tetőfelszínén mélyített fúrások alapján szerkesztett földtani hossz-szelvény. – 1 = lösz; 2 = recens talaj; 3 = fosszilis barna erdőtalaj; 4 = fosszilis vörös talaj; 5 = fosszilis hidromorf talaj; 6 = oligocén agyag; 7 = homokkőpad



1.2. ábra. Földtani kereszt-szelvények az RHFT-től É-ra (1. szelvény) és D-re (2. szelvény)

³ Ez a klímaszakasz kb. 5,3–4,5 millió év között kb. egy millió évig tartott.

A félsivatagi száraz-meleg – évi csapadékatlag 150–250 mm, évi átlaghőmérséklet 18–22 °C – klímaszakaszt követően alakult ki a meleg-nedves szubtrópusi vörösayagképző klímaszakasz. A megnövekedett csapadék hatására az egységes hegyláb felszínek kezdtek fel-darabolódni kezdetleges völgyközi hátakká, gerincekké, amit elősegített az előtér süllyedése, ill. a hegységlőtér emelkedése. Ezeken a hegyláb felszíneken völgyek képződése indult meg és az előtér süllyedése következtében a pliocén végétől a negyedidőszakon keresztül a vízfolyások és a lejtőleemosás révén nagy mennyiségű, mintegy 20–30 m vastag üledék pusztult le, ill. hordódott ki. A középső pliocén (4,2–3 millió év) térszín mélyedéseiben, völgyeiben vörösayag képződött. A denudált felsőoligocén, ill. pliocén felszínre az uralkodóan hideg–száraz pleisztocén időszak alatt mintegy 20–25 m átlagvastagságú *lössösszlet* települt.

A negyedidőszaki löszképződmények agyagos jellegükkel tűnnek ki, és a környékbeli völgyközi hátakat is befedik. Alsó részükben kompakt és glejes, vörösesbarna fosszilis talajokkal tagoltak, felső részükben lazább szerkezetű feketésbarna vagy mocsári talajokkal osztottak. A löszösszlet több generációs eróziós és eróziós–deráziós völgyek tagolják, amelyekben ugyancsak több generációs alsó- és felsőpleisztocén fosszilis talajok helyezkednek el. A mélyebben fekvő térszíneken a patakok elhagyott meanderekkel tagolt árterén, alacsony teraszfelszíneken az ártéri üledékek több típusa (lápi agyag, réti agyag, öntésagyag) fordul elő.

A 230 m átlagos tszf-i magasságú völgyközi tetőszintet és az eróziós völgyek közötti völgylejtőt derázióval, kisebb részben csuszamlásokkal átalakított lapos deráziós völgyek, vízmosások, lejtőalji kisebb hordalékkúpok jellemzik.

Az RHFT közelében lemélyített számos fúrás rétegsorából a jelentésben a K-2 tetőfúrás anyagát dolgoztuk fel részletesen, abból a célból, hogy az 50 m-es fúrás 24 m vastag pleisztocén rétegsorából következtetni tudjunk a hulladéktárolót hordozó tetőfelszín és a löszborította lejtők korára.

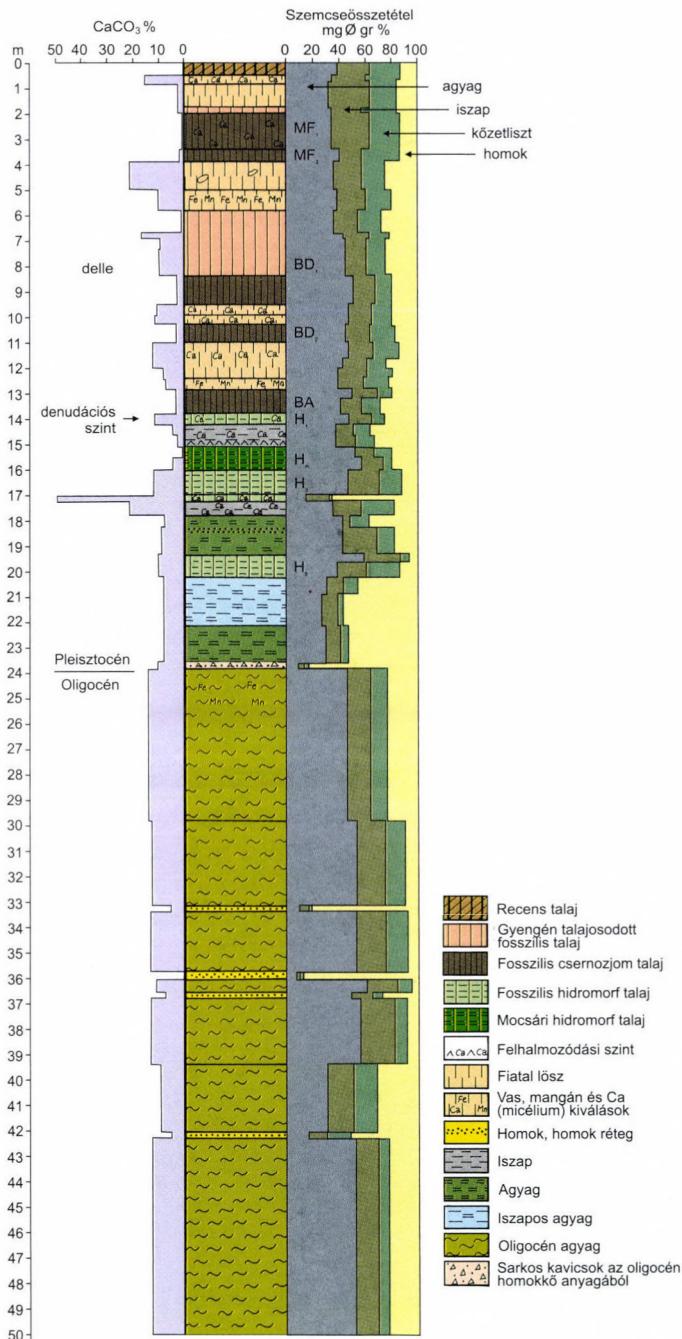
A löszök és löszös üledékek osztályozását többnyire a genetikával szoros kapcsolatban adják meg. E szerint, valamint a szemcseösszetétel szerinti osztályozás alapján próbáltuk beilleszteni (1.3. ábra, 1.1a–c. táblázatok) a K-2 fúrás rétegsorát a hazai kronológiai vizsgálatokkal alátámasztott löszrendszerbe (PÉCSI M. 1993). (1.3. kép.)

A felső, 2 m-es lösztakaró erősen erodált, az alján található gyengén humuszos talaj alapján ez a csekély vastagságú löszköteg képviseli az alapfeltárásoknál leírt Tápiószőlő–Dunaújvárosi löszösszletet, amely kb. 13–26 ezer évvel ezelőtt képződött.

A fiatal löszök alsó részét a Mende–Basaharc sorozat löszei és 3–4, néhol kettős csernozjom talaja képviseli. A feltárt K-2 fúrás rétegsorában is hasonlít a Duna jobb partján található basaharci alapfeltárás rétegsorához.

Az itt talált MF talaj vastagsága jelentős, sőt genetikájában is a mendei feltárásnál leírt kettős fosszilis csernozjom képét mutatja. Faszén maradványok alapján ez az MF₁ talajtípus 28–29 ezer éves, amelyet a TL elemzések is hasonló korúnak találtak. Ezt követően 2 m löszköteg következik, amelyben a fúrások vizsgálata során talajból kikerült krotovinákat lehetett leírni. A BD₁-gyel jelzett fosszilis csernozjom talaj vastagsága kicsit nagyobb, mint azt a hazai alapfeltárásokban megszoktuk, de a közvetlen alatta leírt BD₂ barna fosszilis csernozjom alapján azonosítani lehet a talajköteget. Ennek a talajrétegnek a kora a magyarországi alapfeltárásokban mért TL vizsgálatok szerint a BD₁-ben 114–144 ezer év között van (ZÖLLER L. 1993).

Nem tisztázódtak még az eltemetett kettős talajok keletkezésének körülményei. Egyrészt feltételezhetjük, hogy a kettős talaj idősebb egységének a kialakulását rövidebb ideig tartó löszképződés váltotta fel, majd az újabb éghajlatváltozás ismét az előzőkhöz hasonló talajt



1.3. ábra. Püspökszilágy K-2-es tetőfúrás földtani szelvénye (BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1999. szerint). – MF₁₋₂, BD₁₋₂, BA = sötétbarna erdős sztyep talajok; H₁₋₃ = mocsári és hidromorf talajok

1.1a. táblázat. A püspökszilágyi K-2-es fúrásszelvény laboratóriumi vizsgálati adatai

Minta szám	Mélység, m	CaCO ₃ %	H %	pH d. víz	Szemcseösszetétel mm Ø gr %									Agyag	Iszap	Kőzetl.	Homok
					<0.002	0.002– 0.005	0.005– 0.01	0.01– 0.02	0.02– 0.05	0.05– 0.1	0.1–0.2	0.2–0.5	0.5 >				
1	0.10–0.15	0,0	1,83	7,40	29,2	8,2	8,2	15,6	24,5	13,4	0,6	0,1	0,2	37,4	23,8	24,5	14,3
2	0.50–0.60	15,9	0,43	8,30	24,0	9,6	8,8	16,5	26,2	13,1	1,2	0,4	0,2	33,6	25,3	26,2	14,9
3	1.30–1.40	1,7	0,11	8,20	23,5	9,1	8,7	14,6	28,3	11,8	1,3	0,6	2,1	32,6	23,3	28,3	15,8
4	2.10–2.20	0,4	0,75	8,10	26,7	8,1	7,2	14,1	27,4	13,1	1,7	0,4	1,3	34,8	21,3	27,4	16,5
5	3.60–3.70	2,1	1,29	8,20	35,2	4,9	5,6	17,2	23,2	11,9	1,4	0,2	0,4	40,1	22,8	23,2	13,9
6	4.10–4.20	21,3	0,21	8,40	30,6	5,1	7,6	11,4	19,8	21,8	2,0	0,5	1,2	35,7	19,0	19,8	25,5
7	5.50–5.80	10,5	0,11	8,50	31,5	6,7	15,0	6,7	19,3	16,9	2,7	0,5	0,7	38,2	21,7	19,3	20,8
8	6.10–6.20	2,1	0,21	8,40	29,8	6,4	6,8	10,6	19,3	21,9	4,3	0,4	0,5	36,2	17,4	19,3	27,1
9	6.70–6.80	17,1	0,00	8,50	33,0	9,5	7,8	11,1	17,3	16,9	3,7	0,4	0,3	42,5	18,9	17,3	21,3
10	7.30–7.40	10,0	0,00	8,50	34,7	9,2	5,6	9,5	16,4	17,8	5,9	0,7	0,2	43,9	15,1	16,4	24,6
11	8.70–8.80	2,9	0,65	8,40	38,1	9,9	5,7	11,0	16,1	15,4	3,2	0,3	0,3	48,0	16,7	16,1	19,2
12	9.60–9.70	11,3	0,43	8,40	38,1	8,4	6,9	10,3	16,0	16,7	3,3	0,2	0,1	46,5	17,2	16,0	20,3
13	10.20–10.30	11,7	0,32	8,60	36,5	9,1	7,2	11,0	16,9	16,5	2,4	0,3	0,1	45,6	18,2	16,9	19,3
14	10.70–10.80	3,8	0,43	8,40	38,2	5,9	6,9	10,2	21,7	14,1	2,5	0,4	0,1	44,1	17,1	21,7	17,1
15	11.20–11.30	13,4	0,21	8,40	34,5	10,7	6,2	12,7	19,4	13,4	2,7	0,3	0,1	45,2	18,9	19,4	16,5
16	11.70–11.80	13,0	0,11	8,40	32,7	9,2	6,7	11,6	16,1	15,3	3,5	0,5	4,4	41,9	18,3	16,1	23,7
17	12.10–12.20	8,8	0,00	8,30	30,0	8,5	7,2	14,0	20,2	16,2	3,2	0,4	0,3	38,5	21,2	20,2	20,1
18	12.50–12.60	7,9	0,00	8,40	31,4	7,5	6,9	12,9	20,2	16,5	3,3	0,3	1,0	38,9	19,8	20,2	21,1
19	13.20–13.30	3,8	0,21	8,30	42,7	4,7	14,1	5,5	14,4	15,2	2,7	0,4	0,3	47,4	19,6	14,4	18,6
20	13.60–13.70	4,2	0,11	8,40	35,7	4,6	6,4	9,7	14,6	22,7	5,0	0,6	0,7	40,3	16,1	14,6	29,0
21	14.00–14.10	12,5	0,00	8,20	38,9	7,8	7,1	9,8	10,9	11,0	3,1	1,6	9,8	46,7	16,9	10,9	25,5
22	14.20–14.30	4,6	0,11	8,30	29,2	7,6	4,3	9,1	12,1	27,6	8,8	0,7	0,6	36,8	13,4	12,1	37,7
23	14.90–15.00	2,5	0,11	8,20	30,0	6,5	5,5	10,3	13,9	26,5	6,1	0,7	0,5	36,5	15,8	13,9	33,8

1.1a. táblázat folytatása

Minta szám	Mélység, m	CaCO ₃ %	H %	pH d. víz	Szemcseösszetétel mm Ø gr %									Agyag	Iszap	Közetl.	Homok
					<0.002	0.002– 0.005	0.005– 0.01	0.01– 0.02	0.02– 0.05	0.05– 0.1	0.1–0.2	0.2–0.5	0.5 >				
24	15.20–15.30	0,4	0,21	8,00	44,2	6,8	5,7	10,2	12,4	15,0	3,7	1,4	0,6	51,0	15,9	12,4	20,7
25	15.70–15.80	5,4	0,21	8,20	48,0	8,3	5,8	10,3	8,6	9,9	2,7	1,6	4,8	56,3	16,1	8,6	19,0
26	16.60–16.70	12,5	0,11	8,50	38,0	8,0	10,4	13,8	18,8	8,5	1,8	0,2	0,5	46,0	24,2	18,8	11,0
27	17.10–17.20	50,2	0,11	8,60	7,7	6,6	7,9	9,8	1,8	1,6	0,2	0,0	64,4	14,3	17,7	1,8	66,2
28	17.60–17.70	22,2	0,00	8,40	23,3	10,2	9,5	13,0	25,7	15,0	0,6	0,1	2,6	33,5	22,5	25,7	18,3
29	18.00–18.10	7,9	0,00	8,40	24,8	8,3	4,4	9,1	15,9	32,4	4,9	0,1	0,1	33,1	13,5	15,9	37,5
30	19.20–19.30	10,5	0,21	8,10	31,1	11,4	9,4	15,7	14,0	16,5	1,5	0,1	0,3	42,5	25,1	14,0	18,4
31	19.50–19.60	11,4	0,00	8,30	44,2	14,4	12,0	15,8	7,2	6,2	0,0	0,1	0,1	58,6	27,8	7,2	6,4
32	20.10–20.20	11,4	0,11	8,40	27,7	10,8	8,9	14,3	24,2	14,0	0,1	0,0	0,0	38,5	23,2	24,2	14,1
33	20.80–20.90	9,3	0,00	8,50	23,7	6,4	4,7	6,7	12,9	36,7	7,4	0,7	0,8	30,1	11,4	12,9	45,6
34	21.90–22.00	9,3	0,32	8,20	19,4	7,2	3,9	7,4	4,7	19,4	36,2	1,7	0,1	26,6	11,3	4,7	57,4
35	22.50–22.60	9,3	0,11	8,30	19,5	7,6	5,3	6,6	7,3	20,6	20,2	4,8	8,1	27,1	11,9	7,3	53,7
36	23.60–23.70	11,4	0,00	8,30	5,2	2,9	2,2	2,5	3,3	7,9	5,8	2,1	68,1	8,1	4,7	3,3	83,9
37	25.60–25.70	14,8	0,21	8,70	30,9	13,9	7,7	10,4	12,7	22,3	1,9	0,1	0,1	44,8	18,1	12,7	24,4
38	30.00–30.10	13,9	1,19	8,50	28,2	23,0	11,7	11,0	15,2	9,6	1,1	0,0	0,2	51,2	22,7	15,2	10,9
39	33.10–33.20	5,5	0,32	8,20	3,7	3,7	2,6	3,5	1,8	27,6	53,0	4,0	0,1	7,4	6,1	1,8	84,7
40	34.90–35.00	13,5	1,19	8,40	26,7	25,4	12,0	11,0	17,4	6,9	0,6	0,0	0,0	52,1	23,0	17,4	7,5
41	35.70–35.80	0,0	0,00	8,30	3,8	1,8	1,6	2,2	2,6	44,0	42,3	1,6	0,1	5,6	3,8	2,6	88,0
42	36.10–36.20	11,8	1,29	8,60	31,4	27,6	10,9	13,1	12,3	4,0	0,5	0,1	0,1	59,0	24,0	12,3	4,7
43	36.50–36.60	8,0	0,32	8,60	30,7	16,7	7,6	10,7	7,3	3,8	1,2	0,2	21,8	47,4	18,3	7,3	27,0
44	37.60–37.70	13,9	0,97	8,40	31,0	24,4	21,3	4,4	10,3	6,2	1,9	0,4	0,1	55,4	25,7	10,3	8,6
45	39.90–40.00	10,1	1,51	8,40	16,7	12,5	8,1	11,7	19,1	30,2	1,5	0,1	0,1	29,2	19,8	19,1	31,9
46	42.00–42.10	5,9	0,65	8,20	9,2	7,5	5,5	7,2	8,4	35,6	25,7	0,8	0,1	16,7	12,7	8,4	62,2
47	44.00–44.10	12,6	0,75	8,60	28,7	23,6	8,5	8,9	9,3	14,8	4,4	0,6	1,2	52,3	17,4	9,3	21,0

1. 1b. táblázat. A püspökszilágyi K-2-es fúrás rétegsora

Rétegszám	Mélység, m	Rétegszám	Mélység, m	Rétegszám	Mélység, m
1.	0,00-0,50	14.	9,90-10,30	27.	20,20-22,20
2.	0,50-0,80	15.	10,30-11,00	28.	22,20-23,80
3.	0,80-1,10	16.	11,00-11,60	29.	23,80-29,80
4.	1,10-1,80	17.	11,60-12,40	30.	29,80-33,10
5.	1,80-2,00	18.	12,40-12,80	31.	33,10-33,30
6.	2,00-3,40	19.	12,80-13,70	32.	33,30-35,70
7.	3,40-3,90	20.	13,70-14,20	33.	35,70-35,95
8.	3,90-5,00	21.	14,20-15,10	34.	35,95-36,50
9.	5,00-5,80	22.	15,10-16,00	35.	36,50-36,65
10.	5,80-6,90	23.	16,00-17,20	36.	36,65-39,30
11.	6,90-8,40	24.	17,20-17,70	37.	39,30-42,00
12.	8,40-9,50	25.	17,70-19,30	38.	42,00-42,20
13.	9,50-9,90	26.	19,30-20,20	39.	42,20-50,00



1.3. kép. Negyedkori üledékek alatti oligocén fekvő (agyag) fúrásrag mintái



1.4. kép. A Püspökszilág K-2-es fúrás mintái 1–12, 13–24, 25–36, 37–47

1.1c. táblázat. A püspökszilágyi K-2-es fúrás helyszíni leírása

Mélység, m	Leírás	Minta	Mintamélység, m	Szín
0,0–0,50	recens csokoládébarna csernozjom talaj	1.	0,10–0,15	10YR 3/3
0,50–0,80	gyengén mészlepedékes lösz	2.	0,50–0,60	2,5Y 5/6
0,80–1,10	sötétsárga lösz	-	-	2,5Y 4/4
1,10–1,80	sárgásbarna, gyengén talajosodott lösz	3.	1,30–1,40	2,5Y 4/4
1,80–2,00	világosbarna fosszilis talaj	-	-	-
2,00–3,40	fosszilis csokoládébarna talaj, a szelvény hosszában micélium kiválás	4.	2,10–2,20	2,5Y 4/4
3,40–3,90	sötétbarna fosszilis talaj (MF típusú)	5.	3,60–3,70	10YR 3/4
3,90–5,00	lösz, 4,70 m-ben sötétbarna krotovina	6.	4,10–4,20	2,5Y 5/6
5,00–5,80	Fe, Mn foltos, gyengén homokos sötétsárga lösz, 5,30–5,40 m között limonitfoltos réteg található	7.	5,50–5,80	2,5Y 5/6
5,80–6,90	sárgásbarna fosszilis talaj, 6,20–6,90 m-ig Mn foltos, fokozatosan világosodik	8.	6,10–6,20	2,5Y 5/4
		9.	6,70–6,80	2,5Y 5/6
6,90–8,40	világosbarna fosszilis talaj	10	7,30–7,40	2,5Y 5/6
8,40–9,50	csokoládébarna fosszilis talaj (BD típusú)	11.	8,70–8,80	10YR 4/3
9,50–9,90	fosszilis talaj BC szintje	12.	9,60–9,70	10YR 4/4
9,90–10,30	fosszilis talaj, átmeneti szint a BD ₂ felé. 10,10–10,20 m között apró mészkonkréciók	13	10,20–10,30	2,5Y 5/6
10,30–11,00	fosszilis talaj (BD ₂) 10,60–10,70 m-ben világos színű krotovina	14	10,70–10,80	10YR 4/4
11,00–11,60	sötétsárga, talajszemcsés lösz, apró mészgöbcekkel (C szint)	15.	11,20–11,30	10YR 5/6
11,60–12,40	sötétsárga, Mn foltos, mészlepedékes lösz. 11,60–11,80 m-ben apró mészkonkréciók	16.	11,70–11,80	2,5Y 5/6
		17.	12,10–12,20	
12,40–12,80	sötétsárga, gyengén Mn foltos lösz	18.	12,50–12,60	2,5Y 5/6
12,80–13,70	csokoládébarna fosszilis talaj (BA típusú)	19.	13,20–13,30	10YR 4/4
		20.	13,60–13,70	
13,70–14,20	Fe, Mn foltos sárgásszürke hidromorf talaj, 14,10 m-től erősen meszes	21.	14,00–14,10	2,5Y 6/6
14,20–15,10	Fe, Mn foltos, mészes hidromorf talaj. 14,20–14,40 m-ig sötétbarna krotovinák a BA típusú fosszilis talajból. 14,80–14,90 m-ben zsinórban mészkiválás	22.	14,20–14,30	2,5Y 6/8
		23.	14,90–15,00	
15,10–16,00	sötétszürke, erősen Fe, Mn foltos hidromorf talaj mocsári jelleggel	24.	15,20–15,30	2,5Y 5/6
		25.	15,70–15,80	
16,00–17,20	világos, sárgás-szürke, Fe, Mn foltos hidromorf talaj, gyengén mészlepedékes	26.	16,60–16,70	2,5Y 6/2
17,00–17,20	felhalmozódási szint, 1–2 cm-es mészkonkréciókkal	27.	17,10–17,20	2,5Y 6/4
17,20–17,70	ua., mint az előző, kevésbé meszes	28.	17,60–17,70	2,5Y 6/6
17,70–19,30	Fe, Mn foltos, sárgás-szürke homokos agyag. 17,70–18,30 m között 2–3 cm-ként a homokrétegek mentén a fűrőmag szétvált	29.	18,00–18,10	2,5Y 6/6
		30.	19,20–19,30	
19,30–20,20	világosszürke, Fe, Mn foltos, tömött, igen agyagos hidromorf talaj (bentonitos?)	31.	19,50–19,60	2,5Y 6/6
		32.	20,10–20,20	
20,20–22,20	Fe, Mn foltos, sötét, szürkés-sárga iszapos agyag, 1–2 cm-es homokszinorokkal. A szintben rozsdabarna limonitcsíkok találhatók	33.	20,80–20,90	2,5Y 6/6
		34.	21,90–22,00	
22,20–23,80	sárgás-barna Fe, Mn foltos agyag, apró, 1–2 cm átmérőjű sarkos kavicsok az oligocén homokkő anyagából. A szinten belül kavicsos, murvás szint a következő mélységekben fordul elő: 22,40–22,50 m, 22,90–23,00 m, 23,30–23,40 m, 23,60–23,70 m	35.	22,50–22,60	10YR 5/6
		36.	23,60–23,70	
23,80–29,80	világosszürke, tömött, kötött oligocén agyag Fe, Mn foltokkal. A réteg tetején az elmallott pirit arra utal, hogy a szárazulattá válás idején a felső rész kisé talajosodott	37.	25,60–25,70	2,5Y 6/6
29,80–33,10	szürke, kiscelli típusú oligocén agyag (Széchenyi slir formáció)	38.	30,00–30,10	5Y 6/1
33,10–33,30	szürke homok	39.	33,10–33,20	5Y 5/1
33,30–35,70	szürke agyag	40.	34,90–35,00	5Y 6/1
35,70–35,95	sárgásszürke homok	41.	35,70–35,80	2,5Y 6/8
35,95–36,50	szürke agyag	42.	36,10–36,20	5Y 6/1
36,50–36,65	sárgásszürke homok	43.	36,50–36,60	2,5Y 5/6
36,65–39,30	szürke agyag	44.	37,60–37,70	5Y 6/1
39,30–42,00	szürke, homokos agyag, lemezesen elválók	45.	39,90–40,00	5Y 5/2
42,00–42,20	szürke homok	46.	42,00–42,10	5Y 5/2
42,20–50,00	szürke agyag	47.	44,00–44,10	5Y 6/1

alakított ki. Másrészt annak feltételezése sem zárható ki, hogy a kettős talajok között eróziós réteghiány lehet.

A fiatal löszösszlet zárótalaját BA-val jelöljük. A K-2 fúrásban is igen markánsan, csokoládébarna színnel leírt fosszilis talaj genetikai sajátosságai alapján párhuzamosítható az alapfeltárásokban talált legidősebb eltemetett erdős-sztyep talajjal. Ez a nagyon fejlett, jól felismerhető csernozjom helyenként 1,5–2,5 m vastag. TL vizsgálatok alapján feltételezni lehet, hogy esetleg a Riss₂-Riss₁ interstadiális képződmény, amelynek kora feltételezhetően 185–190 ezer év.

Ez alatt jelentős üledéghiány lehet, amelyet az MB vörös talaj hiánya bizonyít. Az FTV és a MÉLYÉPTERV által leírt régebbi fúrásnaplók alapján néhol utaltak vörös talajhorizontokra, de az 1999–2000-ben lemélyített fúrásanyag-vizsgálatok során vörös üledékhorizont leírására nem került sor. Így feltételezhető, hogy ez a réteg nagy kiterjedésben jelez egy kb. 200 évvel ezelőtti denudációs szintet.

A szürke hidromorf talajsorozat (H₁, H₂, H₃) nedves térszínre, a mocsári talajhorizont pedig állandó vízborításra utal a területen. Hasonló hidromorf talajhorizontok mutathatók ki a Paksi feltárás idős löszsorozatában. A laboratóriumi vizsgálatok során kapott eredmények közül CaCO₃, valamint a szemcseösszetételi értékeket ábrázoltuk a szelvény bal, ill. jobb oldalán (1.4. ábra). A mérőhengerekben lefénnyképezett minták (1.4. kép) változatos képet adnak a különböző rétegekről.

1.2.7. Éghajlati viszonyok

A terület mérsékelten hűvös, mérsékelten száraz, enyhe telű éghajlati körzetbe tartozik. A napsütés évi összege átlagosan 1950 óra körüli, ebből nyáron 780–800 óra, télen 180 óra várható.

Az évi középhőmérséklet 9,5 °C, a vegetációs időszaké 16,6–16,5 °C. A fagymentes napok várható száma valamivel meghaladja az évi 180-at. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok átlaga 33,5–34,0 °C között van, míg az abszolút minimumoké –16,5 °C körüli.

A csapadék évi összege 580–600 mm közötti, a 24 órás csapadékmaximum értéke 70 mm. Évente 35–40 napig takarja hó a felszínt, a maximális átlagos hóvastagság 20–22 cm.

1.2.8. Vízgazdálkodási adottságok

A Némédi- és a Szilágyi-patak vízgyűjtőjéhez tartozó vízfolyások és források vízhozama nem jelentős. A vízáadó rétegek részben a pleisztocén, ill. a pliocén összlet bázison található, fellazult oligocén rétegek, részben pedig a homokkő-kavicsos szürke hegylábfelszínt borító korrelatív üledékek.

A talajvíz nyugalmi szintje az RHFT környezetében 16–22 m közötti, a mélyebben fekvő patakok menti alluviális térszíneken a talajvíztükör 3–5 m közötti értékekkel jellemezhető. A talajvízkutak hozama csekély, a kistáj egészére becsülve is csak 25–30 l/s-ra becsülhető. A rétegvízkiészlet sem haladja meg ezt az értéket. A mélyebb rétegek vízzáró tulajdonsága miatt az artézi kutak száma kevés (1.4. ábra).

Püspökszilágyon víznyerés céljából 1964-ben lemélyített fúrás 103 m-ben meddő eredményt hozott, míg a településtől ÉNy-i, DNy-i, ill. DK-i irányban 100–148 m mélységben voltak meddő vízkutató fúrások.



1.4. ábra. Mélyfúrású artézi kutak száma Püspökszilágy 3 km-es és 5 km-es körzetében

A Galga völgyében jelentősebb számban fűrt kutak általában 24–94 m mélységben adtak elfogadható mértékben hasznosítható rétegvizet. Galgamácsa térségében egy kút nyomásállapota pozitív, ami valószínűleg a földtani rétegsorok nyomásából adódik.

A magasabban elhelyezkedő löszfelszíneken beszivárgó vizek hidrosztatikai nyomása az artézi kutakban nem érvényesül, mivel a csekély homokos víztároló rétegeket több 10 m vastag oligocén üledéksor zárja. A beszivárgó vizek nagy részét a völgytalpak időszakos és állandó vízfolyásai megcsapolják. A mélyebb oligocén rétegek nyugalmi vízszintje a fúrások tapasztalati eredményei alapján erősen negatív.

Az uralkodó mélybeli vízáramlás a Galga süllyedéke felé irányul, mivel D felé a pannóniai összetartozás erősen agyagos és vízrekesztő. A rétegvíz készlet vízhozama a Kosdi-dombság vizsgált területén igen bizonytalanul értékelhető a kevés számú és meddő fúrás miatt. A vízhozam a Gödöllői-dombság kistáján 4–97 l/p, míg a Galga völgyében 35–251 l/p. A víztermelés szempontjából fontos fajlagos hozamok mindenütt nagyon alacsonyak.

A rétegvizek kémiai jellegét vizsgálva megállapítható, hogy az objektum körzetében a talajvizek helyenként nitrátosak, emellett néhol kemények és szulfátosak is. Túlnyomóan kalcium–magnézium–hidrogénkarbonátos jellegűek, aránylag nagy oldott anyagtartalom mellett.

A rétegvizek a középső-oligocén agyagos összlet homoklencséiben tárolódó bróm és jódtartalmú rétegeit szénhidrogén és sókutató fúrások tárták fel Veresegyház környékén. A szerkezeti csapdákban feldúsuló NaCl-tartalmon kívül a J- és Br-tartalom is fosszilis rétegvízre utal.

1.2.9. Növényzet

Az RHTF és közvetlen környéke növénytani szempontból három részre osztható:

1. A Szilágyi-patak felé eső lankás völgyoldalon, a két patak közti hát tetőszintjének egy jelentős részén, valamint a Némédi-patak völgytalpán szántóföld van, ezért ez a terület növénycönológiailag értékelhetetlen.

2. Az RHFT területe növényzetét tekintve kettős képet mutat. A cellák környékén a kiszolgáló épületek mellett, és az út menti sávban a lágyszárú szinten ruderalis gyomnövényzet található. Ezen a területen meghatározható jellemző faj a martilapu (*Tussilago farfara*), ami bolygatott löszterületet jelez. A fässzárú vegetációt szintén betelepített fajok képviselik (pl. lucfenyő [*Picea abies*], erdei fenyő [*Pinus sylvestris*], ostorfa [*Celtis australis*]), ezért cönológiailag ez a szint értékelhetetlen. A temető mögötti elkerített részre a Némédi-patak felé eső meredek völgyoldal növényzete is jelentős hatással van. A növényzet rendszeres felégetése fokozott zavaró hatást jelent. Az itt található lágyszárú növények a Némédi-patak felé eső meredek völgyoldalon is jelen vannak. Jellemzőek a különféle csenkeszek (*Festuca sp.*) és perjék (*Poa sp.*), a lila ökörfarkkóró (*Verbascum phoenicum*), valamint a pontosan csak később meghatározható erna virágzatú fajok. A növényzetet itt is az inkább szárazabb, zavart területekre jellemző fajok képviselik.

3. A Némédi-patak felé eső meredek völgyoldal lágyszárú növényzete az előző területhez hasonló. Az egyes foltokban megjelenő csenkeszek (*Festuca sp.*) vízhatást jelezhetnek (pl. a 2. szelvény, a meredekebb lejtő inflexiós sávja), de ez csak a pontos faji meghatározás után tisztázható. A cserjeszintben a tipikus gyeptüszs (Rosa canina) és az erdei iszalg (Clematis vitalba) fordul elő. A tároló bővítése esetén a cönológiai vizsgálatok a következő eredményeket hozhatják:

– A növényzet képes a kisebb környezeti változások (pl. lokális megjelenésű vízhatás) megjelenítésére (vagy indikációjára).

– A cönológiai karakterek, a T, W, R és TVK értékelemzések kiegészítik a geomorfológiai vizsgálatokat és jelzik a hulladéktároló hatását a környezetre.

A térképezett terület túlnyomó része egyébként mezőgazdasági művelés alatt áll, ahol a felszín 2/3-a szántó, 1/3-a pedig rét, legelő.

1.2.10. Talajtani adottságok

A lösztakaróval fedett dombsági rész, völgyközi hát talajai túlnyomóan a csernozjom barna erdőtalajok típusába tartoznak. A patakok ártéri felszíneinek legelterjedtebb talajtípusai réti és mocsári talajok. A völgyközi hát peremeit és a völgytalpakat lejtőhordalék-talajok övezik. A völgyközi hát talajpusztulása egyes szakaszokon erőteljesebb, ami a lejtőleemosás, a barázdás erózió, néhány helyen pedig a szőnyegszerű lejtőcsuszamlásos folyamatok hatására következett be.

1.3. A különböző domborzati formák jellemzői

A terület a Szilágyi-patak és a Némedi-patak részvízgyűjtőjéhez és helyi erózióbázisához, valamint a Galga fővízgyűjtő területéhez tartozik (MAROSI S.–SOMOGYI S. 1990).

Az oligocén fekvő jórészt negyedidőszaki üledékekkel fedett felszínét mély, eróziós és derázióval átalakított eróziós völgyek tagolják. Irányuk ÉNy–DK-i, jellemzőjük a völgyoldali aszimmetria a Némedi-patak és Szilágyi-patak eróziós, szerkezeti jelzett völgyében. A bal oldali völgyoldalak meredek, 250–500 m hosszúak, míg a jobb oldali völgyoldalak lankásak és hosszan elnyúlók, amelyek 500–1000 m-es lejtőszakaszokkal kapcsolódnak a tetőszintekhez.

A 20–30 m vastag lösztakaróval fedett, kiemelt helyzetű tetőszintek a terület pleisztocén óta tartó felszínfejlődése során néhol 30–80 m széles gerincekké, völgyközi hátakká keskenyedve jelzik az egykor nagyrészt egységes lösztakaró 310–230 m tszf-i, ill. 230–180 m tszf-i magasságú eredeti felszínét. A tetőszintek, gerincek, völgyközi hátak kisformái jelzik a felszínfejlődés várható tendenciáit. Deráziós fülkék, vízmosások, lejtőpihenők, mélybarázdák egyaránt előfordulnak (2. térképmelléklet).

A meredek lejtőszakaszok erdővel fedettsége tudatosan tükrözi az erózióval és a tömegmozgásokkal szembeni érzékenységet, míg a lankás jobb oldali lejtőszakaszokon nagy táblás mezőgazdálkodás folyik. A telephely közvetlen környékén antropogén hatások érvényesülnek.

1.3.1. Tetőszintek, tetőhelyzetű gerincek, völgyközi hátak

A tetőszintek lényeges szerkezeti-morfológiai sajátossága, hogy ÉNy–DK-i fő irányban helyezkednek el, jelentős mértékben környezetük fölé magasodnak: Kisnémedi és Püspökszilágy között 230–310 m, a telephely alatt a Némedi-patak és Szilágyi-patak között 180–230 m között. Felszínük DK-i irányban fokozatosan alacsonyodik. A vízfolyások vízgyűjtő hatásait hordozzák. Az eróziós és deráziós folyamatok hatására és kisebb szerkezeti mozgások során alakultak ki a löszös térszín legegységesebb felszíndarabjai.

Az RHTF telephelye alatt a magasabb (230 m feletti) és az alacsonyabb (180–230 m közötti) tetőfelszínek 30–80 m-es gerincekké keskenyedve kapcsolódnak egymáshoz. A telephely alatt a kerítés vonalától 150 m-re DK-i irányban, a meredek lejtőben hátravágódó deráziós völgyfő már elérte a gerinc közel sík területét (1.5. kép).

A Némedi-patak felőli meredek völgyoldalon alakult rövid, völgyközi hátakat erdő borítja; az eróziós folyamatok védelme miatt itt a lekerekített formák és pusztuló domború és homorú lejtők jellemzik a keskeny völgyközi hátakat. Talajtakarójuk is a legnagyobb mértékben erodált (1.6. kép). Az eróziós és deráziós völgyek fejlődése következtében a lősszel fedett tetőszintek, gerincek, völgyközi hátak ma is fokozatosan pusztulnak, keskenyednek.

1.3.2. Eróziós völgyek

Kialakulásuk és fejlődésüket szoros kapcsolatban van a löszborította dombság fel-darabolódásával, a tetőszintek, löszös hátak kialakulásával. Az ÉNy–DK-i irányú Némedi- és Szilágyi-patak széles talpú völgyeinek fejlődésüket a szerkezeti preformáltság mellett döntő mértékben a lineáris erózió szabta meg, de formálódásukban a periglaciális szoliflukciónak, a lejtőleöblítésnek és a deráziós mellékvölgyek kialakulásának is fontos szerepe volt.



1.5. kép. Deráziós völgyfő az RHFT telephelytől 150 m-re D-DK-re, amely lassan elnyeri a néhol löszgerinccé keskenyedő tetőfelszín területét



1.6. kép. Az RHFT területe a Némédi-patak felőli meredek völgyoldallal



1.7. kép. A Szilágyi-patak által kialakított tómeder

A 2 fővölgyben lefutó patakok nagyvizei elszállították a mellékvölgyek torkolatainál képződött lejtőhordalékokat, így jelentősebb hordalék nem képződött a vizsgált területen. Az eróziós mellékvölgyhálózat a holocén időszak csapadékosabb klímaszakaszaiban kezdett kialakulni (*1.7. kép*).

1.3.3. Eróziós-deráziós völgyek

Ebbe a formatípusba tartoznak a térképezett terület összes olyan korábbi szárazvölgyei, amelyek eredetileg deráziós völgyként alakultak ki. Alakrajzi és egyéb morfológiai sajátosságai alapján többé-kevésbé még ma is a deráziós völgyekre emlékeztetnek, de már állandó vagy időszakos vízfolyásuk van.

1.3.4. Deráziós völgyek

A száraz deráziós völgyek leggyakrabban teknő vagy tál alakú, homorú és domború lejtőkkel határolt, sok esetben völgytalp nélküli hosszanti mélyedések. Méretük – akárcsak formájuk – nagyon különböző lehet. A löszös területek legelterjedtebb felszíni formái. Legfontosabb geomorfológiai tulajdonságuk, hogy nincs állandó vízfolyásuk, a völgyfő felé jelentékenyen kiszélesednek. Kizárólag nagyobb esőzések és záporok alkalmával folyik le bennük a víz.



1.8. kép. Deráziós völgy erőteljes fejlődése a Némedi-patak völgyoldalában

Jellegzetes tál alakú, többnyire völgytalp nélküli a keresztmetszetük, a felületi erózió – felszíni leöblítés, szoliflukció, csuszamlásos mozgások stb. – és a vonalas erózió kölcsönhatására alakultak ki.

A hosszan elhúzódó völgyfők jellegzetes felső szakaszának hátrálása a hátak és a térszintek területét veszélyezteti. Sűrű hálózattal irányt szabnak a felszín geomorfológiai fejlődésének és területenként különböző mértékben befolyásolják a vízháztartás térbeli rendjének alakulását. A deráziós völgyek fejlődésük során több helyen megnyitották a talaj- és rétegvízadó összleteket. Az így kialakult időszakos vízfolyások jelentik a deráziós völgyek fejlődésében a döntő változást (*1.8. kép*).

1.3.5. Eróziós vízmosások, aszóvölgyek

A különböző felszíni formák fejlődésük során a bennük lefolyó csapadékvizek eróziós hatására „érdemlik ki” más-más erodáltsági állapotot tükröző megnevezésüket.

A mélybarázdák a lejtőkön gyorsan harapódnak hátra a fedetlen vagy az eróziótól nem kellőképpen védett lejtőszakaszok, a lejtő inflexiós sávja felé. A bennük lefolyó csapadékvizek – különösen nagy záporok idején – patakokká is növekedhetnek, míg a mélységük függvényében és a vízadó rétegeket megcsapolva aszóvölgyekké és vízmosásokká válhatnak.

A térképezett területen nagy esésű, függőleges deráziós völgyfőkön, a meredek lejtőszakaszokon, a völgyközi hátak peremein és a nagy reliefenergiájú völgylejtőkön jellegze-

tes a mélybarázda. A kialakult negatív formák többsége nem éri el az 5 m-es mélységet. Antropogén hatásra vagy omlásos folyamatok következtében könnyen betemetődnek, de nagyobb esőzések, záporok alkalmával ismét megnyílnak, könnyen ki is újulnak.

1.3.6. Deráziós fülkék

A térképen ábrázolt kerekded és ovális alakú kisformák völgyoldalak lejtőin, a löszhátak peremein és a deráziós völgyek völgyfőiben alakultak ki. Ezek a kisformák kivétel nélkül jelenkori kifejlődésűek. Genetikájuk azonos a deráziós völgyekével (völgykezdemények), számuk azonban azokénál gyakoribb. Elsősorban ott alakulnak ki, ahol a felszín lefolyásvi-szonyainál fogva a lineáris és felületi erózióval együtt járó talajeróziós folyamatok hatékonyabbak. Ovális alakjuk tömegmozgásos folyamatok során is létrejöhet.

1.3.7. Lejtőpihenő

A lejtőszakaszok lankásabb, gyenge lejtésű jellegzetes ovális alakú formája, amelynek felszíne három irányba is lejtősdöghet. Kisebb völgyek, deráziós fülkék köztes formája. A tetőfelszínhez mindig meredek lejtővel csatlakozik. Morfológiai sajátosságait eróziós és deflációs folyamatok alakítják, de már régen stabilizálódott fosszilis csuszamláshalmazként is létrejöhetett a holocén során.

1.3.8. Lejtőtípusok

A telephely 7 km-es környezetét ábrázoló geomorfológiai térképen a „lejtő általában” jelzéssel jelöltük az 5%-nál nagyobb lejtőszakaszokat. Az RHFT 1,5 km-es körzetére készült geomorfológiai térképen stabil lejtőnek minősítettük azokat a legtöbbször lankás, rövid lejtőszakaszokat, amelyeken a lineáris erózió nem, és a felületi erózió is csak nyomokban mutatható ki.

Felületi erózióval veszélyeztetett lejtők általában azok az 5–12%-os, valamint 12–17%-os lejtőszakaszok, ahol aktív mezőgazdasági tevékenység folyik. Az RHFT Szilágyipatak felőli lejtői néhol 500 m hosszúak, amelyeken a lefolyó csapadékvíz energiája már jelentős mértékben rombolhatja a talajfelszínt. Természetesen az erózió mértéke sokban függ az alkalmazott agrotechnikai módszerektől és a termesztett növények vetésszerkezetétől.

A fentiekben leírtak jellemzők a Némédi-patak jobb oldali lejtőszakaszaira is. A Kisnémédi felé eső tetőfelszín hordozza a fő vízválasztó területét is, innen a lefolyó vizek K-re a Duna vízgyűjtőjéhez, Ny-ra pedig a Tisza vízgyűjtőjéhez tartoznak.

Az aszimmetrikus völgynek megfelelően a Némédi- és a Szilágyi-patak bal oldali lejtői meredek. Itt az erdővel fedett, stabil 12–17%-os lejtőszakaszok között a 25%-nál meredekebb lejtőfelszíneken már megindult az árkos-barázdás erózió, amelyet a különböző nagyságú eróziós vízmosságok jellemeznek. Az erózió mértékét az erdős területek fedettségükkel befolyásolják. Püspökszilágytól Ny-ra, a Malató-hegy lejtőin igen intenzív az árkos-barázdás erózió mértéke, amelyet valószínűleg az antropogén hatások gyorsítottak fel.

Fosszilis csuszamlásveszélyes lejtők találhatók a deráziós völgyek környezetében, az RHFT-től D–DNy-ra. Itt az egykori csuszamlások meredek karéjai követhetők nyomon a

35%-osnál meredekebb lejtőszakaszokon. A csuszamlás fosszilis létét bizonyítja, hogy a csuszamláshalmok már nem követhetők, felszínüket az erózió lepusztította.

A fúrások vizsgálatából, az eddigi kutatási eredményekből, valamint a völgytalpi oligocén agyag-kibúvásokból tudjuk, hogy a csúszópályára alkalmas agyagrétegek K–DK irányban lejtjenek, amerre a lejtők lankásak.

A táj csapadékból kifejezetten szegény, így csuszamlásveszélyes területek csak kevés helyen, és csak ott alakulnak ki, ahol a csúszópályát szolgáltató vízzáró agyag vagy agyagos üledék a felszín közelében települt, amely egyben a legfelső víztartó réteg fekszik. Amennyiben a felszínre települt lösz, ill. deluviális löszös üledékek a csapadékvíz hatására jelentősen átnedvesednek, továbbá az oligocén vagy pleisztocén agyagos fekvő talaj- és rétegvíz-áramlás következtében beázik, megduzzad és képlékennyé válik, akkor a fedő löszös üledékek – a képlékeny oligocén agyagréteggel együtt – a völgylejtő irányában lecsúsznak. A térképezett területen a Némedi-patak bal partján a deráziós és erózióval alakított deráziós völgyfők környékén láthatóak ilyen típusú fosszilis csuszamlások.

1.3.9. Antropogén formák

A Szilágyi-patak vízgyűjtőjére a lapos deráziós völgytalpon a mesterségesen burkolt vízfolyás medrében vezetik le a telephely felszínén keletkezett és tárolt csapadékvizeket.

A telephely felszíne a löszgerincen mesterségesen tereprendezéssel lett kialakítva a Szilágyi-völgy lankás lejtőjén a sík felszín kialakítása céljából több m vastag feltöltéssel emelték síkba a tetőfelszínre. A területen az utak és a vasút mentén nagy hosszúságban mesterséges tereplépcsőt alakítottak ki (2. térképmelléklet). A csapadékvizek elvezetése a tároló telephelyen szervezett, rendezett.

1.4. A lejtősödés vizsgálati eredményei

A modern dinamikus geomorfológia a felszíni formákat genetikailag csoportosítja és ennek keretében analitikusan foglalkozik azok kialakulásával és fejlődésével. Az egyes felszíni formákat azonban úgy is felfoghatjuk, mint különböző típusú, genesisű lejtőket, amelyeket a kutatás célirányos voltának megfelelően kategorizálunk és analizálunk.

A terület felszabdaltságának következtében a lejtősödés igen jelentős, a lejtőkitettség és a reliefenergia viszonyok változatosak, emiatt a domborzati paraméterek különböző sajátosságainak területi vizsgálata részben elméleti, részben pedig gyakorlati szempontból fontos. E paraméterek néhány jelenkori felszíninformáló folyamatot lényegesen befolyásolnak, emellett említésre méltó mikro- és makro-geomorfológiai módosulásokat okoznak (pl. talajerózió, földcsuszamlás). A domborzati elemek e néhány sajátosságának térbeli elterjedése a legszorosabb kapcsolatban lehet a pleisztocén kori tektonikai mozgásokkal.

1.4.1. Lejtőkategóriák

A Szilágyi-patak és a Némedi-patak által határolt területen a lejtős felszínek kiterjedése változatos (3. térképmelléklet). Az RHTF 7 km-es környezetére elkészített domborzat-

minősítő térképen 0–5%, 12–25%, 25–35% és 35%-nál nagyobb lejtőkategóriákat ábrázoló verziót választottunk ki, az 1,5 km-es körzetre vonatkozó, a lejtősdést minősítő térképen 0–5%, 5–12%, 12–17%, 17–25%, 25–35%, továbbá 35%-nál nagyobb kategóriákat alkalmaztunk (4. térképmelléklet).

Az erre vonatkozó vizsgálatok a következő eredményeket hozták:

– A 0–5% közötti lejtősdési értékek a tetőhelyzetű felszínek peremein és a keskeny lejtős völgytalpakon, valamint a meredek lejtőszakaszok peremein általában keskeny, néhol kivastagodó sávban kísérik a domborzatformákat. A Némedi-patak jobb oldali lejtője lankás, hosszan elnyúló lejtőszakasza is ebbe a kategóriába tartozik.

– A 12–17% közötti értékek a lejtős völgyközi hátakon és völgyoldalakon találhatók. A nagy kiterjedésű lejtőpihenőket kísérik, szántóföldi művelésben vannak.

– A 17–25%-os lejtőtartományokat erdős területek, valamint parlagterületek jellemzik. A Némedi-patak bal oldali lejtőszakaszainak jellemző lejtősdése.

– A 25–35% közötti értékek a Némedi-patak alsó szakaszát jellemzik a telephely alatti gerinc peremén. Ebbe a szakaszba vágódnak be a deráziós völgyek és vízmosások, felszínüket erdő borítja.

– A 35% feletti lejtősdések kis foltokban találhatók, felszínüket lombos erdőtakaró védi az eróziótól. Igen érzékeny, lösszel fedett területek. Felszínrészeiken vízmosásos folyamatok és tömegmozgásos csuszamlásos folyamatok végbemehetnek.

A lejtőkategória térkép hajlásszögeinek mértékéből ki lehet számítani a területegységben vagy hosszegységben bekövetkező reliefenergia változásokat, vizsgálni lehet továbbá a lejtők alakját, típusát, valamint közvetlenül mérhetők a lejtőhosszok is. A lejtők hosszának változása (növekedése, ill. csökkenése) a talajeróziós folyamatok, a felületi, barázdás, árkos és szakadékos erózió lehetőségeinek kialakulását prognosztizálják a fedettség függvényében.

A mellékelt 3. térképeken a nagyfokú lejtősdés miatt az összes jellemző lejtőalak vizsgálható, amely közel egyenes vonalú, domború és homorú szakaszokból tevődhet össze. Ezek megszabják az eróziós folyamatok lejtőalakítását, a pusztítás és a felhalmozás helyi hatását.

Az erózió a közel egyenes vonalú lejtőn a középső és alsó harmadrészben rombolja a felszínt. A domború lejtőn a talaj a lejtő alsó harmadában erősen károsodik, viszont a felső harmadában változatlan marad, vagy csak kis mértékben pusztul.

A középső szakaszban a kitérttség fokától függően a lejtő inflexiós sávja felett igen kevésbé változik, alatta viszont a felszíni lepusztulás mértéke nő. A homorú lejtős felszín, a felső és a középső szakasz inflexiós sávja felett a lejtőalak gyorsan változik, pusztul, az alsó harmadában viszont a ráhordás alakítja jelentősen a lejtőformát.

A vizsgált területen a rövid nagyésűs, a hosszú egyenes vonalú, valamint domború és homorú lejtőszakaszokból összetett lejtőformák egyaránt jelentős számban találhatók, amelyeken az előbb említett felszínalakító folyamatok összetetten és szakaszosan, a lejtők mentén változóan jelentkeznek.

A lejtő alaktani vizsgálatából, valamint az azt borító lejtőüledékek tanulmányozása alapján következtetni lehet a lejtőt korábban alakító folyamatokra, de a várható további fejlődésre és a lejtőmozgásra is. Ezek ismerete pedig mérnökgeomorfológiai szempontból a műtárgyak biztonságos tervezése miatt egyre nagyobb jelentőségűvé válik.

A lejtősdéseket a %-os alapú kategorizálás keretében az erózióveszélyeztetettség típusai szerint itt csak röviden jellemezzük, miután az eróziós kutatások eredményeivel külön fejezet foglalkozik.

Az erdővel fedett felszíneken a lejtősdéstől függetlenül erózió nincs. A fedetlen mezőgazdasági művelésű vagy parlagterületeken a különböző lejtőtartományokban a tapasztalatok szerint az erózió alább felsorolt típusai jellemzőek:

a) 0–5% közötti lejtésű, sík felszín, enyhe lejtők, az erózióveszélyeztetettség gyenge vagy nincs; völgytalpi helyzetben viszont az akkumulációs folyamatok dominálnak.

b) 5–12% közötti lejtésű, erózióval gyengén vagy areális erózió által veszélyeztetett lejtők.

c) 12–25% közötti lejtésű, areális, barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők.

d) 25–35% közötti lejtésű, árkos, barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők.

e) 35%-ot meghaladó lejtésű árkos, vízmosásos erózió által veszélyeztetett meredek, felszabdalt lejtők.

1.4.2. A lejtőkitettség térképezésének tapasztalatai

A lejtőexpozíció térkép jól jelzi azokat a lejtős területeket, ahol a domborzat által okozott lokális mikroklimatikus változások bekövetkezhetnek. Általában az É-ias kitettségű lejtőkön a különböző negatív, D-ies lejtőkön pedig a pozitív hatások érvényesülnek. (Pl. a különböző expozíciójú lejtőkön eltér a csapadékvíz párolgásának vagy a hóolvadásnak a mértéke). Ebből következően a csapadékvíz évszakos beszívargása a talajba, a talajvíz utánpótlásának a mértéke, valamint az ezekkel bejutó szennyezések intenzitása a különböző kitettségű felszíneken más és más. Éppen ezért az RHFT környékén ezeket az eltéréseket a lejtőexpozíció térkép segítségével jobban, azaz pontosabban lehet vizsgálni.

A munka során a területről készített 1:10 000 ma. topográfiai térképeket használtuk alapként, ill. az ezek alapján készített lejtőkategória térképet is fölhasználtuk a lejtőkitettség megállapításához. Az ezekkel azonos ma. térképen a 2,5°-nál meredekebb lejtők expozícióit ábrázoltuk fő égtájanként 4 osztályban. Egy-egy kategóriát képviseltek a 292,5° és 67,5° közötti kitettségű (É-ias) lejtők, valamint a 112,5° és 247,5° közötti expozíciójú (D-ies) lejtők. Külön kategóriát képeztek a K-i (67,5°–112,5°), ill. a Ny-i (247,5°–292,5°) kitettségű lejtők (5. térképmelléklet).

A telephely 1,5 km-es körzetében a térképet 1:5000 ma.-ban is elkészítettük. Ebben az esetben melléktájak szerinti, 8 osztályú kitettséget alkalmaztunk. Így tehát külön kategóriát képviseltek az É-i (337,5°–22,5°), az ÉK-i (22,5°–67,5°), a K-i (67,5°–112,5°), a DK-i (112,5°–157,5°), a D-i (157,5°–202,5°), a DNy-i (202,5°–247,5°), a Ny-i (247,5°–292,5°), valamint az ÉNy-i (292,5°–337,5°) kitettségű lejtők (6. térképmelléklet).

Új kategóriaként jelent meg emellett a vegyes kategória. Ezt a lejtőoldalakon már megjelent vagy kezdetlegesen kialakult deráziós völgykezdemények vagy fosszilis csuszamlásos fülkék helyén alkalmaztuk. Mivel e helyeken a lejtők iránya igen kis területen belül többször is megváltozik, ezért volt célszerű ilyenkor ezt a kategóriát használni. Néhány esetben a folyóvölgyek talpától induló, és a lejtők oldalába bevágódó deráziós völgyek helyét is vegyes kategóriájú lejtőknek tüntettük föl, ott ahol a lejtők, ill. a völgyoldalak mérete ezt indokolta.

A különböző kitettségek gyakorlatilag teljes mértékben a völgyek irányától függenek. A térség domborzatára jellemző a DNy–ÉK-i csapásirány, az expozíció is ezeknek megfelelően alakul. Az 1:10 000 ma. térképen a különböző kitettségek megoszlását természetesen az is befolyásolta, hogy itt összevontan É-ias (ÉNy, É, ÉK), ill. D-ies (DK, D, DNy) expozíciókat ábrázoltunk.

1.4.3. Reliefenergia térkép – domborzattagoltsági térkép

A reliefenergia térkép a táj felszíni élénkségének egy olyan ábrázolása, amely a domborzat tagoltságát egy-egy terület egységen belüli mérőszámmal jelöli. Ez a fajta térkép a vizsgált területet négyzethálózattal azonos területű négyzetekre bontja. Egy-egy négyzeten belül megkeressük a legalacsonyabb és a legmagasabb tereppontot. A kettő különbségének értéke az a mérőszám, amely az illető négyzetrács jellemző paramétere. Az így kapott értékeket bizonyos választott kategóriákba csoportosítva, ezeknek bizonyos jelzést adva minősíthetjük. A választott kategorizálás terület egysége 1, ami 1: 10 000 ma-ban 100x100 m (1 ha).

Fontos a négyzetrács geodéziai irányítottsága is. A térkép használhatósága érdekében EOTR országos koordináta rendszerben dolgoztunk, így a számított paraméterekre jellemző területek mindig egyértelműen pontosíthatók. A térkép kis területeken a négyzetháló szűkítésével akár a tervezett beruházások területén műszaki földtömeg számításokra is alkalmas, továbbá egy megfelelő módszer arra, hogy kiszűrjük a magas reliefenergia értékű, erózióveszélyes területeket.

A vizsgált területek reliefenergia térképéről (7. *térképmelléklet*) leolvasható, hogy a dombságok felszínének számottevő része nagyobb reliefenergiájú, felszabdalt, mezőgazdasági hasznosításra kedvezőtlen dombhát és lejtő.

A reliefenergia értékek a Kosdi-dombság területén a Gombás-patak feletti élénk domborzatú felszíneken a legmagasabbak, ahol 50–60 m/ha szintkülönbségek is adódnak a vizsgált 100x100 m-es négyzeteken belül. E területek erózió-érzékenyek, ahol a tömegmozgások folyamatainak előfordulása gyakori.

Az RHFT környezetében a völgyi aszimmetria folytán a meredek lejtők 20–30 m/ha közötti átlagos értékeket mutatnak, míg a lankás völgyoldalak reliefenergia értéke 5–10 m/ha között változik. A Gödöllői-dombság és a Pesti-hordalékkúp-síkság alacsony értékeit a homokformák magasságkülönbsége adja. A Galga völgye és az Ecskendi-dombság határa a reliefenergia értékek vizsgálatok szempontjából is élesen elkülönül.

1.4.4. A felszabdaltsági viszonyok sajátosságai

Ez a fajta domborzatminősítő térkép a domborzat lineáris tagoltságát jellemzi. Ábrázolása – hasonlóan a reliefenergia térképhez – négyzethálós rendszerben történik. A mérőszámok mutatják az adott 100 x 100 m (1 ha) kiterjedésű területen előforduló völgyhosszakat.

A vizsgált dombság völgyűrűségi térképe jelzi a völgyekkel felszabdalt dombsági felszínnek élénk domborzatát, emellett leolvashatók róla a sík, a kevésbé felszabdalt és a mezőgazdaságilag értékesebb területek is.

A mellékelt 8/2. *térképen* a m/ha négyzetek mérőszámai mutatják a lineáris eróziós viszonyokat, valamint a települések környezetében az adott településegységet metsző utak, szabályozott vízfolyások hosszát. Prognosztizálni lehet a jövőbeni beruházás hatására a közvetlen környezet várható felszínfejlődését. Tervezni lehet a meliorációs beavatkozások pontos helyét. Kijelölhetők a viszonylag nyugodt, stabil felszínek is.

A terület felszabdaltsági értékei a Kosdi-dombságon 100–200 m/ha körüli értékeket mutatnak. A tetőfelszíneken ez az érték sok helyen 0 m/ha, míg egyes meredek lejtőszakaszokon a 40–60 m/ha értékek is előfordulnak.

Az RHFT területét hordozó tetőfelszínen és a Szilágyi-patak lankás lejtőin a 0 m/ha értékek a gyakoriak, bár mindez jellemző az ÉNy–DK irányú aszimmetrikus völgyek lankás

oldalaira is. A Pesti-hordalékkúp-síkságra és a Galga völgyében szintén a 0 m/ha értékek a jellemzők, amely az elegyengetett felszínek sajátossága.

1.5. A talajpusztulás felszínalakító szerepe az RHFT környezetében

A talajpusztulási folyamatok prognosztizálásánál szükséges ismerni a domborzat hatását a talajképződésre, valamint a talajok fejlődésének legfontosabb törvényszerűségeit. (A domborzati viszonyok szerepe a talajfejlődésben DOKUCSAJEV szerint is a 5 legfontosabb talajképződési tényező közé tartozik.)

A geomorfológiai formák két fokozatát kell megkülönböztetni: a makro- és a mikroreliefet. Makroreliefen értjük a hegyeket, dombokat, völgyeket stb., mikroreliefen pedig a sík területek (sokszor csak 2–3 cm-es) függőleges tagolódását (pl. a szuffóziós mélyedések).

A dombvidékeken a DOKUCSAJEV-i megközelítés nem mutat nagy különbségeket, nagy szintbeli eltéréseket. Így pl. a Kosdi-, az Ecskendi- és a Gödöllői-dombságon is a morfológiai elemek mellett elsősorban az éghajlati körülmények, a növényzet és a földhasználat alakítja a jövőbeni talajfejlődés és -pusztulás irányát és különösen ezek függőleges színteződését.

A talajok kialakulásában döntő szerepet játszó természeti tényezők hatására alakultak ki a különböző talajokban fellépő és együttesen érvényesülő folyamatok. Ezeknek a talaj fejlődésére gyakorolt komplex hatásából általában azok építő jellegét lehet kiemelni. A természetes körülmények között lejátszódó folyamatok közül jó néhány egymással ellentétes irányban, mintegy ellentétpárokat képezve befolyásolja a talaj fejlődését. Mindezek eredőjeként jött létre, épült fel a talaj, annak összes adottságaival (pl. genetikai szintjeinek felépítésével, fizikai és kémiai tulajdonságaival stb.) együtt.

Természetes növénytakaró megléte esetén a talajt erő építő és romboló jellegű külső hatások dinamikus egyensúlyi állapotot alakítanak ki. Ez az állapot egyben része az adott helyen érvényesülő természeti tényezők egyensúlyának, harmóniájának is. Az utóbbiak azonban külső hatásokra időnként jelentősen megváltoznak, felborulnak.

A természet harmóniáját biztosító dinamikus egyensúlyi állapotok – a külső hatásokra időnként bekövetkező átmeneti jellegű, különleges tendenciájú változások után – az önszabályozás révén ismét helyreállnak. E dinamikus változások azonban alapvetően nem károsítják a talajt, egyebek között nem okoznak olyan mértékű eróziót sem, amely a talajképződés során nem regenerálódhatna. A talajképződés sebessége ugyanis évszázadonként átlagosan csupán 1–2 cm-re tehető, ami a talajok természetes megújulási folyamataiban jelentős szerepet játszik.

A természetes körülmények között előforduló felszínalakító hatás (ún. geológiai erózió) eredményeként képződtek a völgyek, koptak és pusztultak le fokozatosan a hegyek. E folyamat rendszerint igen lassan megy végbe, szemben az ún. gyorsított erózióval, amelynek hatása már felülmúlja a talaj megújuló képességét. Általában azt találjuk, hogy a talajképződés előrehaladása és a természetes talajpusztulás egyensúlyban van. E két folyamat együttesen biztosítja a talaj folytonos megújulását, mert amennyit a felszín kopik, annyit mélyül a talajszelvény.

A gyorsított erózió a természetes növénytakarónak emberi hatásra történt megváltoztatását, letarolását jelenti. Az eróziós folyamatok szakszerűtlen talajművelés és általában a helytelen talajhasználat következtében esetenként rendkívüli mértékben felgyorsulhatnak. Ezt a folyamatot ma is jól meg lehet figyelni pl. a hegy–völgy irányában végzett szántás és más, elhibázott, vagy a helyi adottságoknak nem megfelelő agrotechnikai műveletek következmé-

nyeként. Az eróziós talajpusztulást előidéző tényezőket két fő csoportba, a talajpusztulást kiváltó és az azt befolyásoló tényezők csoportjába sorolhatjuk. (STEFANOVITS P. 1964).

Az eróziót kiváltó tényezők (csapadék és lejtő) a talaj eredeti képződési helyéről való elmozdításához és szállításához szükséges közeget és energiát szolgáltatják. A befolyásoló tényezők viszont ezeknek az erodáló energiáknak a talajra kifejtett hatását csökkentik vagy fokozzák, de önmagukban rendszerint nem okozhatnak eróziót.

A különböző csapadékfajták esetében az eső mennyisége, cseppnagysága, hevessége és időtartama, ill. az olvadó hó mennyisége és elolvadási ideje hat az erózióra a legerősebb mértékben.

A lejtő esetében annak meredeksége, hosszúsága, alakja és kitétsége játszik fontos szerepet az eróziós folyamat alakulásában.

Az eróziót befolyásoló tényezők között elsősorban a talaj nedvességi állapotát, a talaj vízgazdálkodását, a talajszerkezetet és a növényborítottságot kell említeni.

Az előbbieket figyelembevételével azt kell feltételeznünk, hogy a vizsgált területdarabot 100–1000 év elteltével is sekélyebb–vastagabb talajtakaró borítja, csak a mai domborzati viszonyoknál alacsonyabb átlagmagasságban. Feltételezzük azt, hogy a lepusztulás mértéke és a völgyekből történő anyagkihordás közel azonos mértékű.

1.6. A terület táj- (geo-) ökológiai térképezésének tartalma

1.6.1. A térképezés célja és várható eredményei

A tájökológiai térképezés tematikájának minden esetben a folytatott kutatáshoz kell igazodnia. Ez a lehetőség annak köszönhető, hogy a tájökológiai térképek – más tematikus térképpel szemben – nem kötött tartalmúak. Ennek megfelelően a püspökszilágyi RHFT környezetében végzett tájökológiai vizsgálataink és a térképezés folyamán a következő szempontokat tartottuk elsődlegeseknek:

1. A tájstabilitás mértékének becslése (vagyis annak meghatározása, hogy az emberi beavatkozás megszűnésekor az adott tájstruktúra milyen változáson mehet keresztül).

2. A növényzet általános jellemzése.

3. A vizsgált területen a lehatárolt „foltokat” tekintve a csapadék beszivárgásának, felszíni és felszín alatti elfolyásának szimulációja a MEDRUSH modell segítségével.

4. A táj- (geo-) ökológiai térkép készítése a fenti vizsgálatok alapján.

A fenti tematikán túl csak az eredetileg kisebb méretarányban (1:5000) elkészült térképeken lettek külön feltüntetve (a többi hasonló tematikájú térképpel ellentétben) az ökológiai gátak (barrier) és az ökológiai folyosók (channel).

A kutatások eredményeképpen elkészült térkép, ill. annak magyarázója tartalmát tekintve a következő két problémakört ábrázolja térben:

1. A különböző növényzeti, ill. területhasználati típusok milyen hatással vannak a terület vízháztartására.

2. Esetleges antropogén hatások megszűnése esetén a tájstruktúra várhatóan milyen irányban változik meg.

1.6.2. A térkép készítésénél alkalmazott módszerek

A tájökölógiai értékelésekhez az alábbi vizsgálatokat végeztük:

- Talajminták laboratóriumi vizsgálatai
- Növényzeti felvételezés
- Űrfelvételek elemzése
- MEDRUSH modell futtatása reprezentatív lejtőkön
- Térképezés

1.6.2.1. A talajminták laboratóriumi vizsgálatai

A MEDRUSH modell futtatásához a talajminták alábbi paramétereinek az ismeretére volt szükség: szemcseösszetétel, a talaj kötartalma, telített vízvezetőképesség.

A szemcseösszetételt pipettás eljárással, a kötartalmat a kutatóárok szelvényei alapján, a vízáteresztési jellemzőt pedig a mesterséges esőztetés eredményei alapján határoztuk meg.

1.6.2.2. Növényzeti felvételezés

A terület mérete és a vizsgálat céljára rendelkezésre álló idő viszonylagos rövidege miatt a pontos fajlisták helyett elsősorban a területen előforduló társulástípusokat, valamint a modellezés végett az ahhoz tartozó fitomassza tömeget határoztuk meg. A fitomassza mennyisége a kora őszi aspektust jellemzi.

A lágyszárúak és a cserje szint esetén a megadott értékek terepi felvételezést követő mérések eredményei, a lombkorona szint esetében viszont a szakirodalomban található értékek és a terepi becslések eredményei. Az 1999. évben az RHFT közvetlen környezetében társulástípusonként fajlistát is készítettünk. Ez a lista azonban a teljes fajlistának csak a töredékét tartalmazza, mivel ennek az összeállítása több évet igénylő munka.

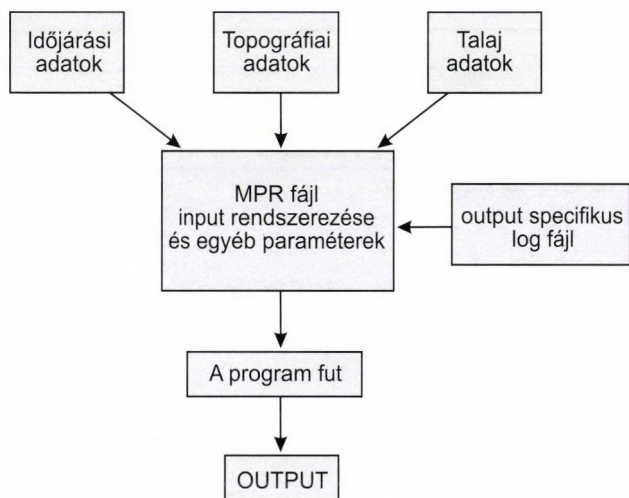
1.6.2.3. Űrfelvételek elemzése

A vizsgálandó területről beszereztük a Landsat TM 1988 augusztusi és a SPOT XI 1998 szeptemberi felvételeit. A felvételekből közeli infravörös tartományban hamisszínes kompozitokat készítettünk Idrisi for Windows 2 segítségével. A két felvétel az említett évtizedben a területhasználatban bekövetkezett változások követésére szolgált.

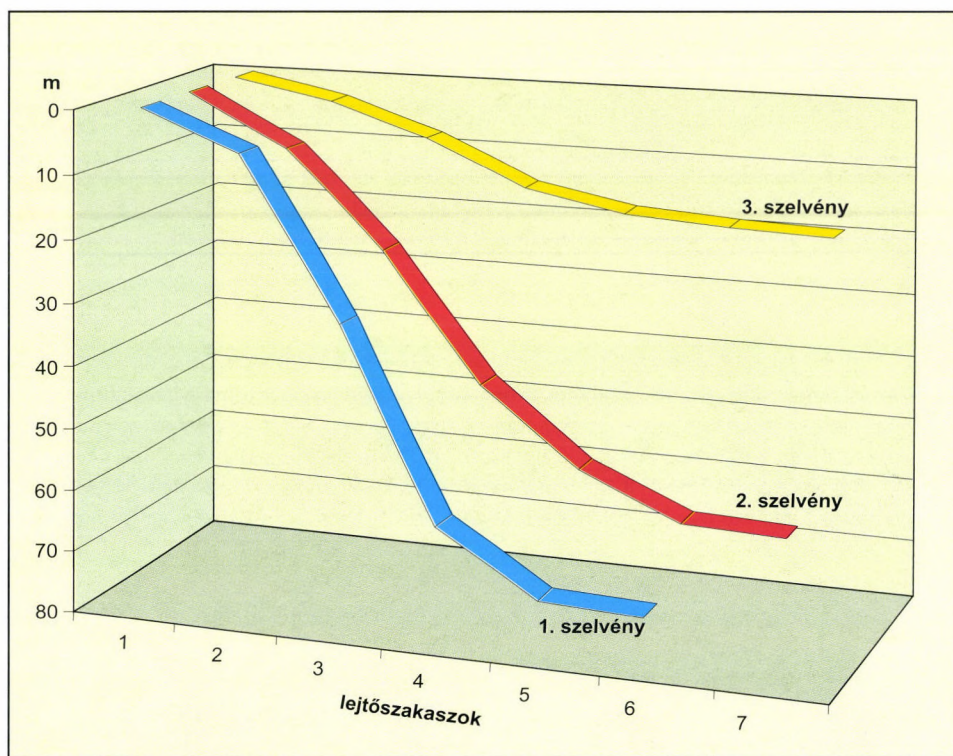
Az ökoгеográfiai stabilitás meghatározása részben szintén a felvételek interpretációjához kapcsolódik. Az 1988–1998 közötti időszakban a felvételek szerint a terület-szerkezetben jelentős változás nem volt. Ezért a stabilitást egy relatív skálával jellemeztük (részletesebben l. a könyv 4. fejezetében).

1.6.2.4. A MEDRUSH modell futtatása reprezentatív lejtőkön

A vegetáció függvényében változó lefolyás, felszín alatti elfolyás és beszívargási paraméterek modellezéséhez a MEDRUSH modellt alkalmaztuk. A modellezés során a vizsgálati területen előforduló három jellegzetes lejtőtípust vizsgáltuk. Ezekre a lejtőkre futtattuk



1.5. ábra. A MEDRUSH modell szerkezeti felépítése



1.6. ábra. A modellezéshez használt típuslejtők profiljai (horizontálisan standardizált transzformáció)

le a modellt szántóföldi, gyümölcsös, szőlő, cserjés/legelő és erdő (cseres-tölgyes) területhasználati módokra. Az így kapott eredményeket terjesztettük ki és használtuk fel a tájökölógiai térképen szereplő kategóriák jellemzésére.

A modell outputjai nem vonatkoztathatóak a beépített területekre, valamint a völgytalpakra. Szintén nem kaptunk információt a tülevelű és a vegyes erdőkről, a cseres tölgyesekre számított értékek a telepített akácokra is vonatkoztathatóak.

A MEDRUSH modellt az Európai Unió MEDALUS tudományos projektje keretében fejlesztette ki a londoni Kings College és a University of Leeds kutatógárdája az 1990-es években. A modell mérsékelt égövi területek dombosági vízgyűjtőinek vizsgálatára alkalmas, topográfiai, talajfizikai és hidrológiai, időjárási és növényzeti paraméterekkel dolgozik (1.5., 1.6. ábra).

a) A topográfiai adatok forrását jelen futtatás esetén az 1:10 000 ma. térképek szintvonalai biztosították (1.6. ábra).

b) Talajadatok (l. a laboratóriumi vizsgálatoknál):

- szemcseösszetétel,
- a talaj kötöttsége,
- felszíni kőborítás,
- telített hidraulikus vízvezető képesség,
- tényleges beszivárgási paraméter („topmodell of subsurface flow”).

c) Klímaadatok (havi bontásban).

d) Növényzeti paraméterek.

A növényzeti paraméterek az adott növényzeti szint borítását és azok átlagos fitomasszájának tömegét jelentik.

A modell futtatását 50 éves időtartamra végeztük, egy-egy jellegzetes lejtőre vonatkozóan. Az outputok napi bontásúak. A beszivárgás, a lefolyás, a felszín alatti elfolyás, továbbá és az ezekből képzett teljes elfolyás 50 évre vonatkozó éves és havi átlagértékek.

A modell – katéna-skálát használva – lejtővel dolgozik. Ennek megfelelően eredményei a beépített területekre nem vonatkoznak, a völgytalpi helyzetű területek esetében pedig az ide szállító víz mennyiségéről adnak információt.

1.6.2.5. Térképezés

A tájökölógiai térkép alapegységeinek lehatárolását elsődlegesen a területhasználati módok alapján végeztük. Ezeket az alapegységeket a növényzeti vizsgálatok, a hamis színes kompozitok interpretációja, a modellezés eredményei szerint és a lejtőkategória térkép alapján finomítottuk, ill. töltöttük fel tájökölógiai információval.

A térképmagyarázóban található kategóriákat az alábbi ismérvek alapján különítettük el:

Területhasználat: területhasznosítási térkép, terepbejárások és úrfotók alapján;

Lejtőkategória: lejtőkategória térkép alapján különítettük el a 12%-nál enyhébb, ill. meredekebb lejtőket;

Növényzet: felvételezések, úrfotók alapján;

Stabilitás: a relatív stabilitási skála alapján;

Csapadék beszivárgás, felszíni lefolyás és felszín alatti elfolyás: a MEDRUSH modell outputja alapján;

Á-NÉR kód és a CORINE kód: nemzeti biodiverzitás-monitorozó rendszer alapján.

1.6.3. A növényzet jellemzése

A vizsgálati terület az Észak-középhegység flóraidékén (*Matricum*) belül a Börzsöny és a Cserhát flórajárásába (*Nogradense*) tartozik. A flóraösszetételben így még érezhető a montán hatások, de főként a kontinentális flóraelemek dominálnak (9/1., 9/2. térképmelléklet).

A terület természetes zárótársulása a cseres-tölgyes (*Quercetum petraeae-cerris*), faállományában azonban a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a cser (*Q. cerris*) mellett megjelenik a magasabb régiókból lehúzódó gyertyán (*Carpinus betulus*) és hegyi szil (*Ulmus glabra*), továbbá felnyomul a lösztölgyesek szintjéből a kocsányos tölgy (*Q. robur*) és végezetül jelen van a degradációt jelző akác (*R. pseudoacacia*) is. Az erdők cserjeszintje a zavarásmentes cseres-tölgyesénél fejlettebb. Gyakori benne a csíkos kecskerágó (*Euonymus europaeus*), a húsos som (*Cornus mas*) és a degradációt jelző bodza (*Sambucus nigra*).

A lágyszárú szintben jellemzően tömeges a felemáslevelű csenkesz (*Festuca heterophylla*) és a hegyi sás (*Carex montana*), valamint különféle lednek (*Latyrus*) és büköny (*Vicia*) fajokon túl jelen vannak gyomfajok is. A térképezendő terület D-i harmadának természetes zárótársulása a tatárjuharos lösztölgyes (*Aceri tatarici-Quercetum roboris*) volt.

A természetes zárótársulásokon túl telepített, tájidegen erdők jellemzőek a területre. Ezek közül erdészeti telepítésűek és hasznosításúak az akácosok (*Robinetea*), a nyárasok (*Populus euramericana* ültetvény) és a fenyvesek (*Pinetea*). A telepített akácosokból kiszabaduló akác megjelenése a természetes és más telepített állományokban (gondozás nélkül) a terület elakácodását idézi elő. A területen a telepített fenyvesekre az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) jellemző. Ennek záródása az önrítkulás miatt 80% alá csökken.

A fenyvesek állományába több helyen is őshonos lombos erdei fajok, valamint akác keverednek. Ez elsősorban azokra a területekre jellemző, ahol az erdészeti művelés a telepítés után megszűnt és a fenyvesekre jellemző savanyúbb talajt is elviselik. Ez a jelenség az ökogeográfiai értelemben vett instabilitásra enged következtetni. Országos viszonylatban vett ritkaságuk miatt e „foltok” a hazai szakirodalomban, jelenleg még nem alkotnak külön kategóriát.

A telepített fás vegetációk közül a nemes nyárasok fordulnak elő a hulladéktemető 7,5 km-es körzetében. Ezek kétféle termőhelyen, dombsági, árnyékolástól mentes, továbbá ártéri élőhelyeken találhatók. Ez utóbbi termőhelyen a zöld juhar (*Acer negundo*), a keleti ostorfa (*Celtis occidentalis*) és az amerikai köris (*Fraxinus pennsylvanica*) keverten is előfordulhat.

Végül említést kell tenni a tájökológiai szempontból zöldfolyosó szerepű, ökoton jellelű fasorokról. Ezek fásszárú fajai között általában exóta (ezüstfa, akác, zöld juhar, japán akác, amerikai köris, nemes nyár stb.), ritkábban őshonos fajok (fehér fűz, fehér nyár, mezei juhar, magas köris, magyar köris stb.) dominálnak, ám ezeket egyidejűleg csak kevés faj alkotja. A cserje szint is gyakori, amelyben szintén előfordulhatnak nem őshonos (gyalogakác, arany ribizke) és őshonos fajok is (bodza, orgona, kecskerágó). A lágyszárú vegetációját elsősorban a határolt mezőgazdasági hasznosítású területek adventív gyomfajai alkotják (1.6.6. fejezet, D).

Fátlan társulások közül elsőként a kisebb-nagyobb nyíltságú cserjéseket kell említeni, (1.9. kép) amelyek társulástani szempontból a galagonya-kökény cserjés (*Pruno spinosae-Crataegum*) asszociációhoz sorolhatók be (1.6.6. fejezet, C). Jellemzően felhagyott legelők, ritkábban régen felhagyott szőlő és gyümölcsös helyén jöttek létre. A másodlagos szukcesszió sorozat dombsági jellegzetes képviselői. (Jellemző fajai a *fajlista 1a.* és 3. pontjai).

A szukcessziósorban megelőző lépcsők a taposott, ma is legelőként hasznosított területek. (1.10. kép). Ezek lágyszárú fajai (*Plantago major*, *Poa annua*, *Trifolium repens*, *Rumex crispus*) azonban jelentősen eltérhetnek az előző típustól.



1.9. kép. Galagonya-kökény cserjés (*Pruno spinosae-Crataegetum*) a Némédi-patak felé eső lejtőn



1.10. kép. Tapososott, ma is legelőként hasznosított lejtő a Némédi-patak felőli domboldalon

A vizsgálati területen szintén előfordul a galagonya-kökény cserjést megelőző másik szukcessziós lépcsőfok, a felhagyott szőlők és cserjések asszociációnak igazából nem nevezhető élőhelye. Ezekben az első évek jellemző gyomfajai után azok a fajok telepsznek meg, amik az említett cserjésekben is megtalálhatók.

Az RHFT 7,5 km-es körzetén belül viszonylag nagy arányban találhatók vizes élőhelyek (1.6.6. fejezet, A), amelyekre a keskeny, a patakokat és a Galgát övező, néha szélesebb kiterjedésű szegélyvegetációk (A2) jellemzőek. Ezek közül egy társuláscsoportot, a patakparti nádasokat (*Glycerio-Sparganium fluitantis*) és a patakmenti magaskóróst (*Angelico-Crisetum oleracei*) kell kiemelni. Szintén a patakok mentén jellemző kisebb-nagyobb foltokban a domb-sági sédbúzás mocsárrét (*Agrostio-Dechamsietum caepitosae*).

A természeteshez közeli fátlan társulások közül a vizsgálati területen mindössze aprócska foltokon, a teraszos Pesti-félmedence magasabb teraszfelszínein előforduló másodlagos homoki növényzetekről kell említést tenni. Ebben uralkodóak lehetnek különböző rozsok (*Bromus tectorum*, *B. squarrosus*), vadrozs (*Secale sylvestre*) és keserűfű (*Polygonum arenarium*) fajok.

Az RHFT tágabb és közvetlen környezetében is nagy területeket foglalnak el a külföldi mezőgazdasági hasznosítású területek (B). Ezek közül legelsőként az egyéves szántóföldi kultúrákat kell említeni. A szántók gyomtársulásai elsősorban a *Consolido Eragrostion* poaeoidis csoportba tartoznak. A vizsgált területre a szántókon kívül, a mezőgazdasági kultúrákon belül, dominánsan kisüzemi jellegű (250 négyszögöltől az 1–4 ha-ig terjedő) gyümölcsösök és szőlők jellemzők. A gyomvegetációjukat elsődlegesen *Chenopodietea* és *Secalietea* fajok alkotják.

A társulások közül végezetül azokat kell figyelembe venni, amelyek az RHFT 7,5 km-es környezetén belül beépített területeken találhatók (1.6.6. fejezet, E.) Közülük a településeken (E1) a kiskertek és a telephelyek (E2) érdemelnek figyelmet. Ezeken belül elsősorban *Chenopodietea*, *Arrhenatheretea*, *Agrpyretea*, *Agrostietea*, *Plantaginietea* társulások lehetnek jellemzőek.

Az RHFT közvetlen környezetében öt pontból álló tételes fajlistát is készítettünk az 1999-es őszi aspektusban. Az összes vizsgált pontról elmondható, hogy degradált, ill. erősen degradált flórával bír (1.5. ábra).

A szántóföldi területhasznosítás következményeként csak a nedvesebb, tocsogósabb mikrokörnyezetekben találhatunk viszonylag nagyobb arányban, a SIMON-féle TVK érték alapján, természetes állapotra utaló fajokat, de tömegességüket tekintve ezek elenyésző mennyiségben vannak jelen a zavarásra utaló fajokhoz képest. Kiemelendő, hogy szinte minden mintavételi helyen magas a zavarás jelező és a gyomfajok aránya. Ezek természetesen leginkább a szántóföldek peremsávjain uralkodóak, de a keskeny, természetesebb állapotú szegélyvegetációkra is jellemzők.

1.6.4. A terület ökogeográfiai (táj) stabilitása

A tájak stabilitásán (ökogeográfiai stabilitása) a tájszerkezet dinamikus egyensúlyi állapotának meglétét (ill. annak adott mértékű hiányát) értjük.

Egy terület ökológiai stabilitása biztosítja az alapot a táj stabilitásához (ökológiai stabilitás táji mintázatok kialakulása táj- [ökogeográfiai] stabilitás). Ennek megfelelően a tájak térbeli stabilitása egyrészt a tájalkotó tényezők stabilitásának eredője, másrészt a táj horizon-

tális ökológiai kapcsolatain alapul. A stabilitás (S) kvantitatív meghatározásának alapja a rendszerelemek közötti energiaáramlás:

$$S = i p_i \cdot \lg 1/p_i$$

ahol i = a rendszerelemek közötti energiaáramlás, p_i = az adott áramlásra jutó energiahányad.

Mivel ennek megbecslése több évet igénylő kutatást igényel, így a kutatási periódus rövideje miatt alatt ennek meghatározására nem volt módunk. A tájstabilitás megbecsléséhez viszont sajátos értékeket tartalmazó relatív skálát alkottunk, amelynek alapja egy olyan tájalkotó tényező, amely a stabil tájalkotó tényezők (klíma, geológia, geomorfológia) változatlansága mellett, az emberi beavatkozásra, ill. annak elmaradása esetén viszonylag gyorsan változik. Ennek a kritériumnak elsősorban a növénytársulások, ill. életközösségek (mint tájalkotó tényezők) felelnek meg a következők szerint:

0 = Igen alacsony stabilitású foltok. Azok a foltok, amelyek növényzete (növénytársulása) emberi (fenntartó) tevékenység nélkül 1–3 év alatt megváltozik (pl. szántó, gyümölcsös, szőlő).

1 = Alacsony stabilitású foltok. Emberi fenntartó tevékenység nélkül növényzete hosszabb időtartam alatt (5–50 év) strukturáltabb szerkezet irányába változik (felhagyott szőlő, felhagyott gyümölcsös, galagonya-kökény cserjés, telephelyek).

2 = Nagy stabilitású foltok. Olyan tájidegen növényzetű területek, amelyek szerkezete emberi fenntartó tevékenység nélkül is tartós marad (pl. akác). Potenciális zárótársulás (pl. cseres-tölgyes).

Végezetül említést kell tenni az ökológiai folyosókról (*10. térképmelléklet*) is. Az ökológiai (zöld) folyosóknak az antropogén átalakítás hatására a stabilitásban nőtt meg a szerepük, mivel egy természeteshez közeli folt (egység) sérülése esetén ezek biztosítják a visszatelepülést. Az ökológiai folyosók jellemzően vízfolyások mentén (*A2 kategória a térképen*), ill. táblahatároknál jellemzőek. Megfelelő hálózatuk a fauna megőrzésén túl szélerózió gátló hatása is lehet. A vizsgálati területen potenciálisan zöldfolyosó jellegű egységek azonban jelen formájukban funkciójuk betöltésére alkalmatlanok, mivel legkisebb (sötét átlagos) szélességük 40 m alatt van.

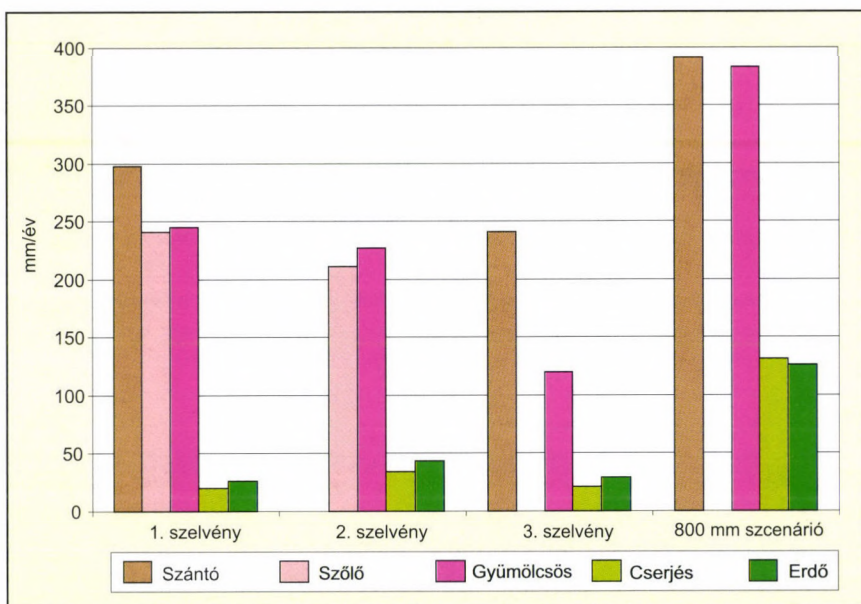
1.6.5. Beszivárgási és elfolyási modellezés ökotóponként

1.6.5.1. Lefolyási viszonyok

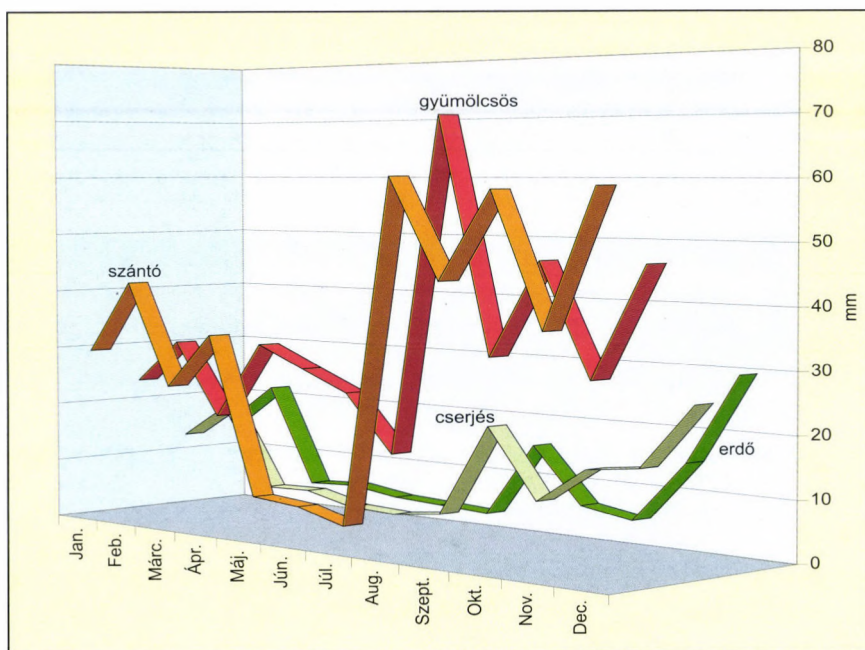
A felszíni lefolyás mértékét számos tényező befolyásolja. Ezek között a csapadékmennyiségen túl a vegetáció, a talaj, a relief, valamint ezek erdőjeként a beszivárgás és az evapotranspiráció az, amivel elsődlegesen számoltunk.

Az éves csapadékmennyiséghez viszonyítva értelemszerűen a szántóföldi területhasználatú lejtőkön várható a legnagyobb mértékű felszíni lefolyás. A legkisebb lejtőszög esetén ez közel 250 mm, a legmeredekebb lejtőkön pedig meghaladhatja a 300 mm-t is. A 800 mm-es csapadék-szenárió esetén a lefolyás meghaladhatja a 400 mm-t.

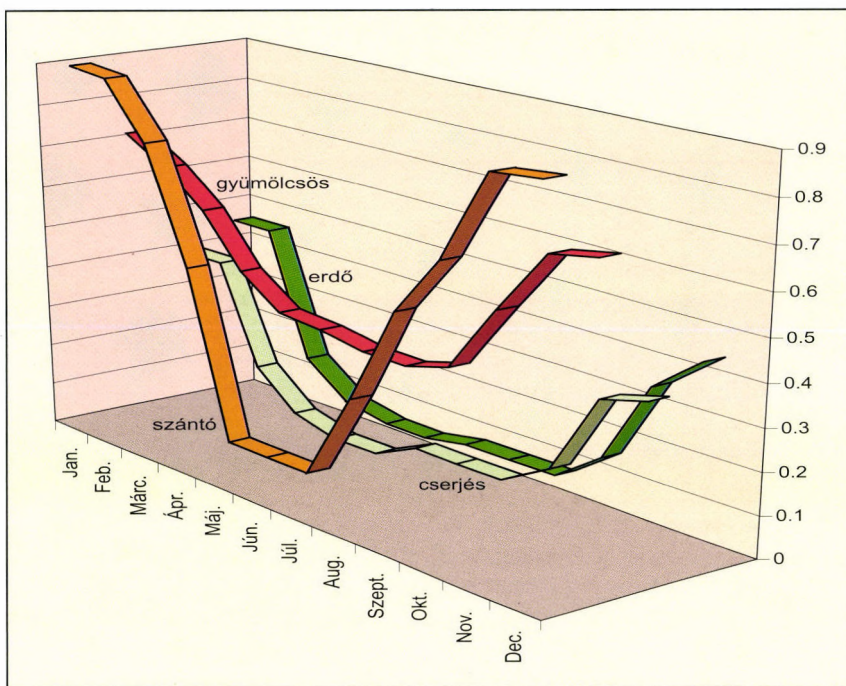
A gyümölcsös és a szőlő területhasználat esetében a relief döntő a lefolyás alakulásában. Ez minél magasabb, a lefolyási viszonyok annál inkább emlékeztetnek a szántóföldi



1.7. ábra. A lefolyási viszonyok alakulása a típuslejtőkön éves összesítésben



1.8. ábra. A lefolyás alakulása havi bontásban



1.9. ábra. Csapadék/lefolyás arányok alakulása területhasználati típusonként

értékekre. Míg az enyhébb meredekségű lejtők esetében a modell a szántóföldi lefolyási értékek kevesebb mint felét valószínűsíti, addig a legmeredekebb lejtők esetében a gyümölcsös lefolyási értékei megközelítik a szántóföldi területhasználatét (1.7. ábra).

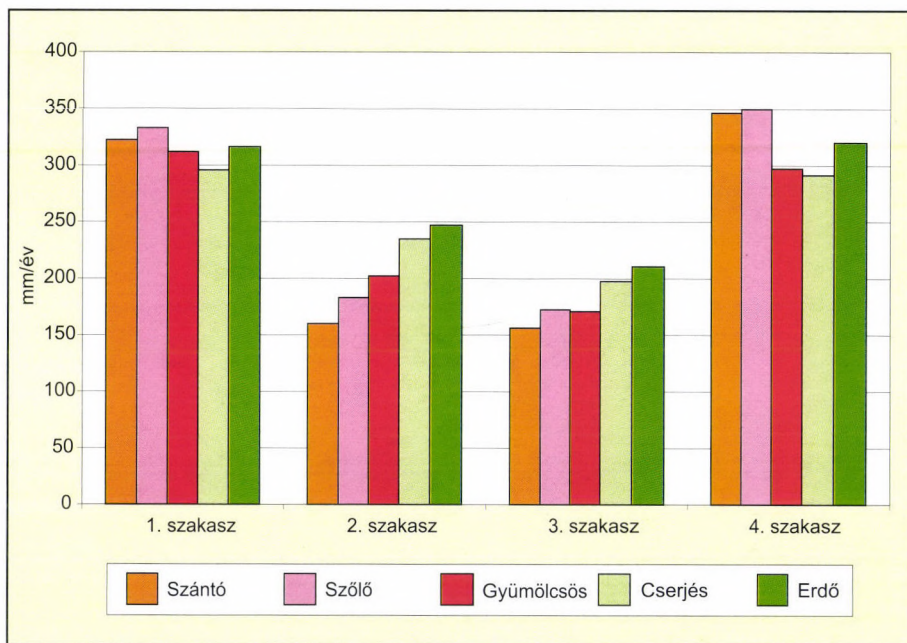
A legelő (cserjés) és erdő területhasználat esetén a lefolyás még alacsonyabb. Az 1-es és 3-as típuslejtőn 20–30 mm, a 2-es típuslejtőn 30–40 mm átlagos évi lefolyás várható a cserjés és az erdő esetén. A 800 mm-es csapadék-szenárió esetén a lefolyási értékek 131–126 mm körül várhatóak, a modell előrejelzése szerint.

Az éves átlagértékeken túl *havi bontású* lefolyási értékeket számítottunk a modellel (1.8. ábra).

Mivel az alkalmazott adatsor esetében augusztus volt a legcsapadékosabb hónap, így nem okoz meglepetést, hogy az összes területhasználati típus esetén e hónap adta a legmagasabb lefolyási értékeket is. Augusztustól eltekintve azt tapasztalható, hogy a legmagasabb lefolyási értékeket általában az őszi esők idejére prognosztizálta az általunk elkészített modell.

Minden hónapban az erdő és a cserjés (legelő) esetében prognosztizálható a legalacsonyabb lefolyás. Éves összesítésben a gyümölcsös esetében valamivel alacsonyabb lefolyásra lehet számítani, mint a szántóföldi területhasználatnál.

A csapadékosabb tavaszi és őszi hónapokban a gyümölcsös vízvisszatartó képessége a szántóföldénél lényegesen magasabb. A szárazabb nyári hónapokban viszont a modell szántóföldi területhasználat esetében alacsonyabb lefolyást produkál, mint a gyümölcsösnél.



1.10. ábra. A beszívargási viszonyok alakulása az 1-es típuslejtőn, lejtőszakaszonkénti bontásban, területhasználási típusonként

A püspökszilágyi RHFT környezetében vizsgált területhasználási típusok és a vízvisszatartó képesség kapcsolatát a csapadékból és a lefolyásból képzett *hányados*sál jellemezhetjük (1.9. ábra).

Nem meglepő, hogy a legmagasabb az arány, azaz a lehullott csapadékból a legtöbb akkor folyik el, amikor a legalacsonyabb a növényzet borítása. A legkisebb arányokat a késő tavaszi–kora őszi intervallumban tapasztalhatjuk.

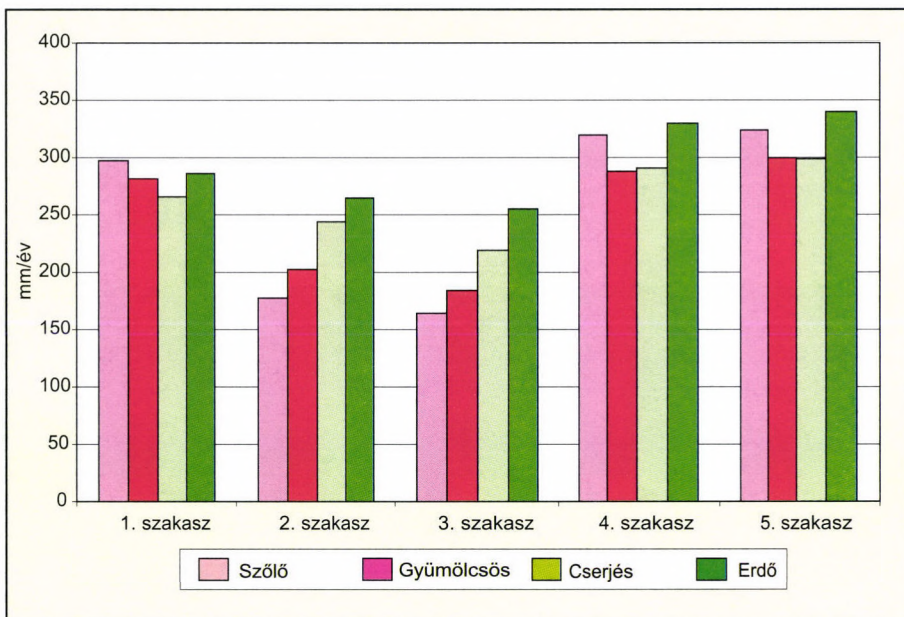
Ez az érték a cserjésnél, az erdőnél és a szántónál akár a 0,1 értéket is elérheti, de míg az első két területhasználási mód esetében ez az időszak hosszú és érinti a legcsapadékosabb hónapokat is, addig ez az utóbbi igen rövid és csak júniusra és júliusra korlátozódik.

A gyümölcsös esetében e hányados éves lefutása az erdőére emlékeztet. Ennek köszönhető, hogy a szántónál alacsonyabb éves lefolyási értékeket prognosztizált a modell e területhasználási mód esetén.

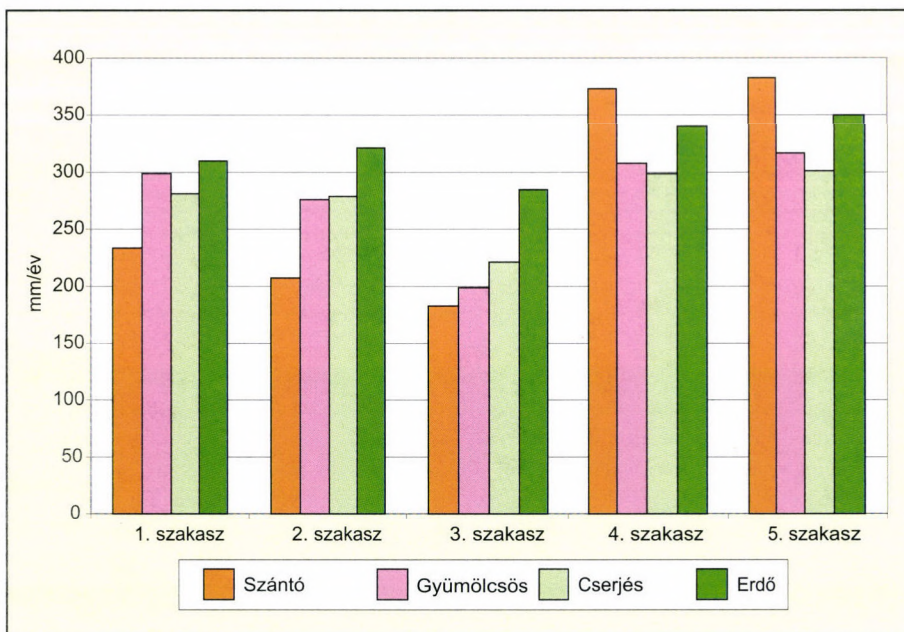
A téli hónapokban a nagyrészt a növényzeti borítottságon alapuló számítások szerint, a lehulló csapadék 40–50%-a folyik le cserjés és erdő esetén. Ez az arány 70%-ra nő a gyümölcsös és közel 90%-ra a szántóföld esetében.

Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy a téli hónapokban ez az arány jóval alacsonyabb is lehet, elsősorban azért, mert a hó formájában lehulló csapadék sok esetben csak hónapokkal később távozik a lejtőkről! (A modell viszont a csapadékformák közül csak az esőt ismeri.)

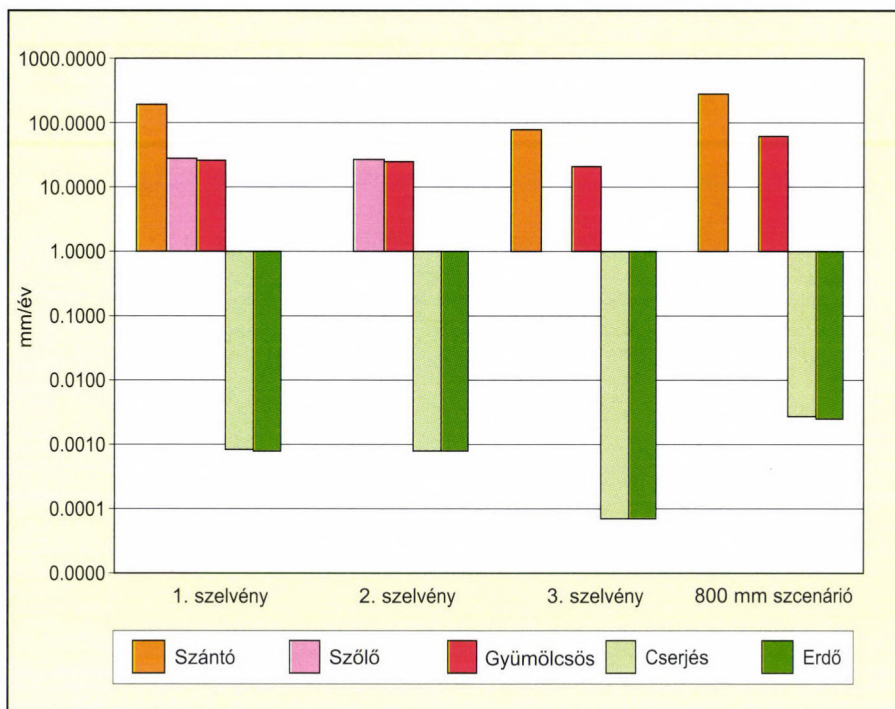
A legcsapadékosabb tavaszi és őszi hónapok idején az erdő és a cserjés 10%, a gyümölcsös 50%, a szántó 70% körüli lefolyási arányokat mutat.



1.11. ábra. A beszívargási viszonyok alakulása a 2-es típuslejtőn



1.12. ábra. A beszívargási viszonyok alakulása a 3-as típuslejtőn



1.13. ábra. A felszín alatti elfolyás alakulása típuslejtőnként, éves összesítésben

1.6.5.2. Beszivárgási viszonyok

Az 1-es modellezett típuslejtőn (1.10. ábra) a tetőszint közeli lejtőn az összes területhasználati mód esetében éves átlagban 300 mm feletti beszivárgó csapadékmennyiség várható. Egyedül a pusztai cserjés vegetációjú legelő esetében kevesebb valamivel ez az érték a fent említetttnél.

A nagyobb meredekségű lejtőszakaszokon legkisebb a beszivárgás a szántóföldi területhasználat esetén (~160 mm), míg a szőlő és gyümölcsös célú területhasználatnál ennél némileg magasabb (~170–200 mm) beszivárgás várható.

Megfigyelhető továbbá az is, hogy a legmeredekebb lejtőszakaszon a szőlő beszivárgási értékei a gyümölcsösével lesznek azonosak. A modell a völgytalphoz kapcsolódó lejtőszakaszon jelzi a legmagasabb éves beszivárgási értékeket (~350 mm). Ismét magas a szántóföldi beszivárgás és a tetőszinthez hasonlóan itt a szőlő esetén várhatjuk a legmagasabb értékeket.

A 2-es számú típuslejtőn (1.11. ábra) az előzőnél kisebbek a szintkülönbségek, valamint a korábbiól eltérő a lejtő alakja is, ezért a beszivárgási viszonyok is másképp alakulnak.

A lejtőprofil sokkal kiegyenlítettebb, így a meredekebb tetőszinti lejtőszakaszon az előző szelvényhez képest, kisebb a beszivárgás minden területhasználati mód esetében.

A középső lejtőszakaszokon a kisebb lejtőszög miatt viszont magasabb a beszivárgás. A lankásabb lejtőszakaszokon a szőlő és az erdő beszivárgási értékei hasonlóak, míg a meredekebb szakaszokon a legalacsonyabb a beszivárgás a szőlőnél (160–170 mm). Ennél magasabb a gyümölcsösnél (180–200 mm) és a legelőnél (220–240 mm), míg a legmagasabb az erdőnél (260 mm).

A beszivárgás a legenyhébb a 3-as, a legmagasabb az 5-ös típuslejtőn (1.12. ábra) minden területhasználati mód esetén. Ennek a legkisebb relief az oka. A magasabb számított értékekben is fontosak az itt alkalmazott, területhasználati típusonként különböző erodáltságú csernozjom-barna erdőtalaj talajfizikai paraméterei.

1.6.5.3. Felszín alatti elfolyás

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a legmagasabb felszín alatti elfolyási értékeket a szántóföldi hasznosítás esetén számított a modell (1.13. ábra). Ennek alapján e hasznosítási típuson belül a felszín alatti elfolyás az eketalpszintnek köszönhetően a lejtő meredekségével arányos.

A legnagyobb mértékű az 1-es lejtőn (194 mm), legalacsonyabb pedig a 3-as lejtőn (78 mm). A kalászos gabonaféléknél magasabb evapotranspirációjú kultúrák esetén a felszín alatti elfolyás értékei a számításainknál akár jóval alacsonyabbak is lehetnek.

A szőlő és a gyümölcsös esetén a felszín alatti elfolyás éves mértéke a szántóföldinek a töredéke, mindössze 20–30 mm évenként. A legalacsonyabb felszín alatti elfolyási értékekkel az erdő és a legelő jellemezhető.

Végeredményben megállapítható, hogy a fentiekben vázolt területhasználati módok esetében az általunk kifejlesztett modell számításai szerint a felszín alatti elfolyás mértéke a minimálisra csökken.

1.6.6. A táj- (geo-) ökológiai térkép kategóriái

A) Vizes élőhelyek

<i>AI</i>	<i>Állóvíz</i>
Lejtőkategória	–
Növényzet	hínárnövényzet
Stabilitás	–
Csapadék beszivárgás	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	U9
CORINE kód	22.1, 22.2

A) Vizes élőhelyek (folyt.)

A2 *Patak, patak menti szegélytársulás völgytalpban*

Lejtőkategória	–
Növényzet	nádas, magaskórós
Stabilitás	2, 3
Csapadék beszivárgás	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	U8
CORINE kód	24.x

B) Mezőgazdasági hasznosítású területek

B1

Területhasználat	szántó
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	tavaszi vagy őszi vetésű egyéves kultúrák, gyomnövényzet
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~200–300 mm/év
Felszíni lefolyás	241 mm/év
Felszín alatti elfolyás	78 mm/év
Á-NÉR kód	T1
CORINE kód	82.11

B2

Területhasználat	szántó
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	tavaszi vagy őszi vetésű egyéves kultúrák, gyomnövényzet
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~160 mm/év
Felszíni lefolyás	298 mm/év
Felszín alatti elfolyás	194 mm/év
Á-NÉR kód	T1
CORINE kód	82.11

B3

Területhasználat	szőlőművelés
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	szőlő, kapás növények, gyomnövényzet
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~220 mm/év
Felszíni lefolyás	~130 mm/év
Felszín alatti elfolyás	~25 mm/év
Á-NÉR kód	T8
CORINE kód	83.2

B) Mezőgazdasági hasznosítású területek (folyt.)

B4

Területhasználat	szőlőművelés
Lejtőkategória	>12%
Növényzet:	szőlő, kapás növények, gyomnövényzet
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~180 mm/év
Felszíni lefolyás	210–240 mm/év
Felszín alatti elfolyás	28 mm/év
Á-NÉR kód	T8
CORINE kód	83.2

B5

Területhasználat	gyümölcsös
Lejtőkategória	<12%
Növényzet:	ültetett kultúra gyomnövényzettel
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~200–300 mm/év
Felszíni lefolyás	~120 mm/év
Felszín alatti elfolyás	~20 mm/év
Á-NÉR kód	T8
CORINE kód	83.1

B6

Területhasználat	gyümölcsös
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	ültetett kultúra gyomnövényzettel
Stabilitás	0
Csapadék beszivárgás	~270 mm/év
Felszíni lefolyás	~240 mm/év
Felszín alatti elfolyás	~26 mm/év
Á-NÉR kód	T8
CORINE kód	83.1

C) Természeteshez közeli rétek, cserjések

C1

Területhasználat	rét, legelő
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	galagonya-kökény cserjés
Stabilitás	1
Csapadék beszivárgás	220–300 mm/év
Felszíni lefolyás	~20 mm/év
Felszín alatti elfolyás	~ 7×10^{-5} mm/év
Á-NÉR kód	P2
CORINE kód	–

C) Természeteshez közeli rétek, cserjések (folyt.)

C2

Területhasználat	rét, legelő
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	galagonya-kökény cserjés
Stabilitás	1
Csapadék beszivárgás	190–230 mm/év
Felszíni lefolyás	20–30 mm/év
Felszín alatti elfolyás	0,001 mm/év
Á-NÉR kód	P2
CORINE kód	–

D) Természeteshez közeli, ill. erdészeti hasznosítású területek

D1 *lombos erdő*

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	cseres-tölgyes, akácos, nemes nyáras
Stabilitás	3, 2, 1
Csapadék beszivárgás	285–320 mm/év
Felszíni lefolyás	30 mm/év
Felszín alatti elfolyás	7×10^{-5} mm/év
Á-NÉR kód	L2, S1, S3
CORINE kód	41.77A, 83.324, 83.321

D2 *lombos erdő*

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	cseres-tölgyes, akácos, nemes nyáras
Stabilitás	3, 2, 1
Csapadék beszivárgás	210–250 mm/év
Felszíni lefolyás	30–40 mm/év
Felszín alatti elfolyás	0,001 mm/év
Á-NÉR kód	L2, S1, S2
CORINE kód	41.77A, 83.324, 83.321

D3 *tűlevelű erdő*

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	erdei fenyves
Stabilitás	2
Csapadék beszivárgás	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	S5
CORINE kód	83.31

D) Természeteshez közeli, ill. erdészeti hasznosítású területek (folyt.)

D4 túlevelű erdő

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	erdei fenyves
Stabilitás	2
Csapadék beszivárgás:	–
Felszíni lefolyás:	–
Felszín alatti elfolyás:	–
Á-NÉR kód	S5
CORINE kód	83.31

D5 lombelegyes erdő

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	<12%
Növényzet	erdei fenyves cseres tölgyest alkotó fa fajokkal, esetleg akáccal keverten
Stabilitás	1
Csapadék beszivárgás:	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	–
CORINE kód	–

D6 lombelegyes erdő

Területhasználat	erdő
Lejtőkategória	>12%
Növényzet	erdei fenyves cseres tölgyes társulás alkotó fa fajaival, esetleg akáccal keverten
Stabilitás	1
Csapadék beszivárgás:	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	–
CORINE kód	–

E) Beépített területek

E1 település belterülete

Területhasználat	település
Lejtőkategória	–
Növényzet	kultúr- és gyomnövényzet
Stabilitás	–
Csapadék beszivárgás:	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	U3
CORINE kód	86.2

E) Beépített területek (folyt.)

E2	Egyéb emberi beépített terület/műtárgy
Területhasználat	vegyes (temető, vízmű, major, ritkásan beépített terület)
Lejtőkategória	–
Növényzet	kultúr- és (taposott) gyomnövényzet,
Stabilitás	–
Csapadék beszivárgás:	–
Felszíni lefolyás	–
Felszín alatti elfolyás	–
Á-NÉR kód	U4, T9
CORINE kód	86.3, 86.4, 82.12, 85.3

F) Ökológiai folyosó szerepet be nem töltő fasor

1.6.7. Az eredmények összefoglaló áttekintése

Az RHFT biztonságának kérdésköréhez a tájökológiai térkép a tájfejlődés irányával és a megváltozó vízgazdálkodási paraméterek becslésével kötődik. A kutatások eredményeként a létesítmény környezetében meghatározhatóak azok a „foltok”, amelyek tájökológiai szempontból magasabb, ill. alacsonyabb kockázatot rejtnek.

A vizsgált terület tájstruktúrája emberi tevékenységek eredményeként jött létre. Ennek megfelelően a tájökológiai térképi egységek mérete, alakja és ökogeográfiai stabilitása is ennek eredője. A legnagyobb stabilitású foltoknak a lombos erdei növényzetű egységek bizonyultak (*D1*, *D2*), függetlenül attól, hogy telepített vagy a területre jellemző potenciális zárótársulásról van-e szó. Szintén ezek a foltok azok, amelyekben – a MEDRUSH modell szerint – a lehulló csapadékvíz legnagyobb része ismét a légkörbe kerül az evapotranspiráció útján. Lényegében tehát ezek azok az egységek, amelyek legkevesébé engedik át magukon a csapadékvizet a mélyebb talaj- és üledékrétegek irányába. A modell szerint hasonló paraméterekkel jellemzettek a rét és legelő területhasznosítású (*C1*, *C2*) foltok is. Ráadásul ezek fejlődése is az előző társulások irányába mutat. Szintén ilyen táj- és növényzetfejlődési irányt képviselnek az erdei fenyvesek (*D3*, *D4*), valamint a viszonylag kis területen jelen levő (az előbb említett irányt jelző) lomelegyes területek (*D5*, *D6*).

A fent említett paraméterek szempontjából jóval kedvezőtlenebb sajátosságuk az RHFT közvetlen szomszédságában található *B* kategóriájú területek. Ezek természetes úton, a művelés felhagyása után csak több évtized alatt rendelkeznének olyan vízgazdálkodási paraméterekkel, mint a *C* és a *D* kategóriájú foltok. (Természetesen mesterséges telepítéssel ez a folyamat jelentősen gyorsítható.) Végezetül említést kell tenni a potenciális ökológiai folyosóként jelentkező területekről (*A2*) is. Ezek jelen állapotukban nem képesek betölteni ilyen irányú szerepüket, bár a tájstabilitást csak nagyon áttételesen (igazából felmérhetetlen mértékben), a faunára való hatáson keresztül befolyásolják.

A fentiek alapján az RHFT közvetlen környezetében – tájökológiai szempontból – célszerű volna rövidebb távon a *B* kategóriájú egységek területén *C* kategóriájú területek kialakítása, amelyek hosszú távon várhatóan maguktól is *D1*, *D2* kategóriájú topikus egységekké fejlődnének.

2. A LÉTESÍTMÉNY ÉS KÖRNYEZETE GEOFIZIKAI, SZEIZMOLÓGIAI ÉS SZEIZMOTEKTONIKAI JELLEMZŐI

2.1. Célkitűzés és alkalmazott módszerek

A vizsgálatok célja az RHFT biztonsági elemzéséhez szükséges fontosabb geológiai, geofizikai és geodéziai adatok összegyűjtése és előzetes tektonikai, ill. neotektonikai értelmezése. A telephely minősítését célzó neotektonikai kutatások végső feladata olyan ismeretek összegyűjtése, amelyek alapján a telephely tektonikai stabilitása biztonsággal meghatározható. Neotektonikán egy terület legfiatalabb, azaz napjainkban is aktív szerkezeti fázisát értjük. Ez a Pannon-medence – így tehát a tároló és környezete – esetében a miocén és részben pliocén tenziós fázisokat követő, valószínűleg már a negyedidőszak elején létrejött inverziós esemény (HORVÁTH F.–CLOETINGH S. 1996). Fontos leszögezni, hogy ennek a fázisnak az alapvető szerkezeti stílusjegyei még nem teljesen kifejelettek és mivel a kvarter képződmények hegyvidéki vastagsága rendkívül csekély, a neotektonikus vizsgálatok eredményei mindig komoly bizonytalanságokkal terheltek.

A feladat végrehajtása során a telephely környezetére vonatkozóan az alábbi, azonos koordináta rendszerrel (EOV) rendelkező adatbázisokat hoztuk létre és használtuk fel:

- 1: 200 000-es ma. földtani térkép digitális formában;
- fúrási adatbázis;
- szeizmicitás adatok;
- a tágabb környezet recens és paleofeszültség adatai;
- szénhidrogén kutatás során mért fontosabb reflexiós szeizmikus szelvények;
- a telephely környezetéhez tektonikailag kapcsolódó Duna szakaszon mért nagyfelbontású, többszatos szeizmikus adatrendszer;
- digitális terepmodell (DTM);
- geotermikus adatok;
- gravitációs (Bouguer) anomáliák.

A fenti adatbázisok – az egységes vetületi rendszer miatt – tetszőleges módon kombinálhatóvá és együttesen is megjeleníthetővé váltak. Ennek segítségével elkészült az RHFT tágabb térségének átnézetes tektonikai térképe, amely ábrázolja a telephely környezetének fontosabb (töréses) tektonikai elemeit. A szerkezeti elemek kijelölésénél felhasználtuk a Duna Nagymaros és Göd közötti szakaszán mért nagyfelbontású reflexiós szeizmikus szelvényeket. Az azonosítható töréses szerkezeteket a terület földtani térképének, digitális terepmodelljének (DTM) és további szeizmikus szelvények segítségével a telephely közvetlen környezetéig korreláltuk. A telephely tágabb környezetének paleofeszültség adatai segítségével rekonstruáltuk a terület fiatal (miocén-pliocén) deformációs és neotektonikai (kvarter) fejlődéstörténetét, különös tekintettel a vetők aktivitására és kinematikai jellegére. A recens feszültségadatok segítségével körvonalazható a telephely térségének jelenkori feszültségállapota.

A fejezet két fő részből áll. Az első rész az egyes adatrendszereket és az azokból levonható fontosabb tektonikai következtetéseket ismerteti. Ezt követi a munka fő eredményeként előállt két (regionális és a tároló szűkebb környezete) tektonikai térképének bemutatása és szerkezeti elemzése. Végül felvázoltuk a legfontosabbnak ítélt jövőbeni kutatási feladatokat is.

2.2. Az RHFT környezetének földtani felépítése

2.2.1. A vizsgált terület lehatárolása

A vizsgált terület két térképi kivágatban került feldolgozásra, ill. megjelenítésre. A püspökszilágyi RHFT földtani értelemben szinte pontszerűnek tekinthető (területe kb. 0,7 km²), így indokolt volt a telephely közvetlen környezetét is megvizsgálni. A térség földtani adatokkal való lefedettségét figyelembe véve kiválasztottunk egy 7x5,5 km-es méretű téglalapot, amelynek oldalai É–D-i, ill. K–Ny-i irányúak.

E – még mindig viszonylag kis méretű (38,5 km²) – terület tektonikai viszonyainak helyes értelmezéséhez nélkülözhetetlen volt a telephely tágabb környezetének beható vizsgálata is. Erről a területről számos, viszonylag jó minőségű ipari szeizmikus szelvény, mélyfúrási és közetfeszültségi adat, aljzatmélység és geofizikai anomália térkép állt a rendelkezésünkre. Itt azok a képződmények, amelyek a telephely környékén eltemetve vannak vagy éppen lepusztultak, a felszínen tanulmányozhatók.

2.2.2. Földtani felépítés

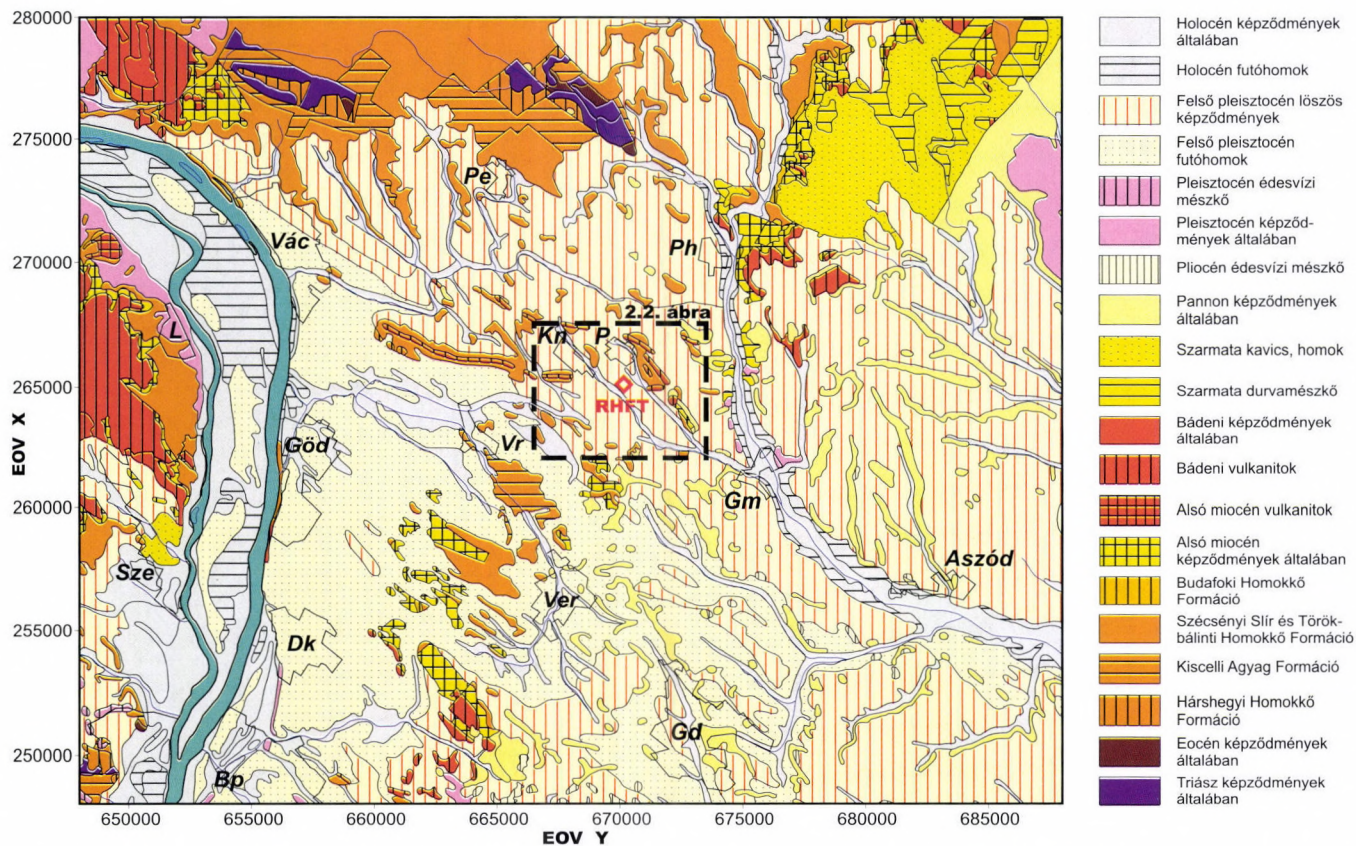
A Püspökszilágy és Kisnémedi községektől 1–1,5 km-re D-re található tároló területe nagytektonikai szempontból a Dunántúli-középhegységi vagy Bakony egység (HAAS J. és társai, 1996), medencefejlődés szempontjából pedig a neogén-kvarter időszaki Pannon-medence, ill. a paleogén – korai miocén korú Magyar Paleogén Medence része (BÁLDI T. 1986).

2.2.2.1. Az RHFT tágabb környezetének földtani viszonyai

A regionális térképkivágat földtani térképe a 2.1. ábrán látható. A terület biztosan azonosított pre-tercier aljzatképződményeit triász karbonátos képződmények alkotják, amelyek a telephelytől mintegy 10 km-re É-ra (Csövár) és 15 km-re ÉK-re (Naszály) bukkannak a felszínre. Másutt csak fúrásból ismertek, változatos mélységben (pl. gödi fúrások: kb. 800 m; Őrszentmiklós-III: 911 m; Gödöllő-3: 1923 m). Az összletet felsőtriász (karni és nóri) tűzköves mészkő és dolomit, mészmárga, dolomit és platform típusú dachsteini mészkő, valamint a medencefáciesű csövári mészkő alkotja (HAAS J. és társai, 1997).

A paleogén sorozat képződményeit alsó eocén bauxitos rétegek (Gánti Bauxit Formáció), középsőeocén alapkonglomerátumok, kőszénrétegek és agyagmárgák (Kosdi Formáció) adják, amelyeket felsőeocén nummuliteszes-lithothamniumos mészkő (Szépvölgyi Mészkő Formáció) és márga (Budai Márga Formáció) rétegek fednek (JÁMBOR Á. és társai, 1966a). Eocén közeteket a tároló környezetében fúrásból ismerünk (pl. Őrszentmiklós-III: 879 m; Őrszentmiklós-8: 365 m; Veresegyház-1: 1387 m).

Oligocén képződmények nagy vastagságban és felszínközeli fedik a területet (BÁLDI T. 1998). Az RHFT telephelyét befogadó negyedidőszaki összlet közvetlen fekvését is általában oligocén rétegek adják. A legidősebb, alsó kiscelli, max. 100 m vastagságú, euxin fáciesű Tardi Agyag Formáció a telephely térségében csak fúrásban található meg. A fedő,



2.1. ábra. A püspökszilágyi RHFT tágabb környékének digitalizált földtani térképe. (Magyarország 200 000-es földtani térképsorozata L-34-II-es térképlapja alapján. – rövidítések: Bp = Budapest; Dk = Dunakeszi; Gd = Gödöllő; Gm = Galgamácsa; Kn = Kislémedi; L = Leányfalu; P = Püspökszilágy; Pe = Penc; Ph = Püspökhatvan; Sze = Szentendre; Ver = Veregyháza; Vr = Vácrátót)

rétegtanilag folyamatosan rátelepülő Kiscelli Agzag Formáció viszont jóval nagyobb vastagságban és területi elterjedésben nyomozható. Litológiaiag rétegzetlen, agyagos vagy agyagmárgás, általában alig permeabilis aleurit. Kora felső kiscelli és alsó egri, vastagsága a Magyar Paleogén Medence központi részén az 1000 m-t is meghaladhatja. A tároló közvetlen környezetében csak fűrásból (pl. K-1, K-4 és O-1 jelű fűrások) ismert, távolabb (pl. Órbottyánnál) viszont a felszínen is előfordul. A kiscelli emeletbe tartozik még a Hárshegyi Homokkő Formáció, amely azonban csak mélyfűrásokból (pl. Csomád, Göd, Órbottyán, Sződ), ill. a Naszály és Csővár közelében a felszínen is ismert.

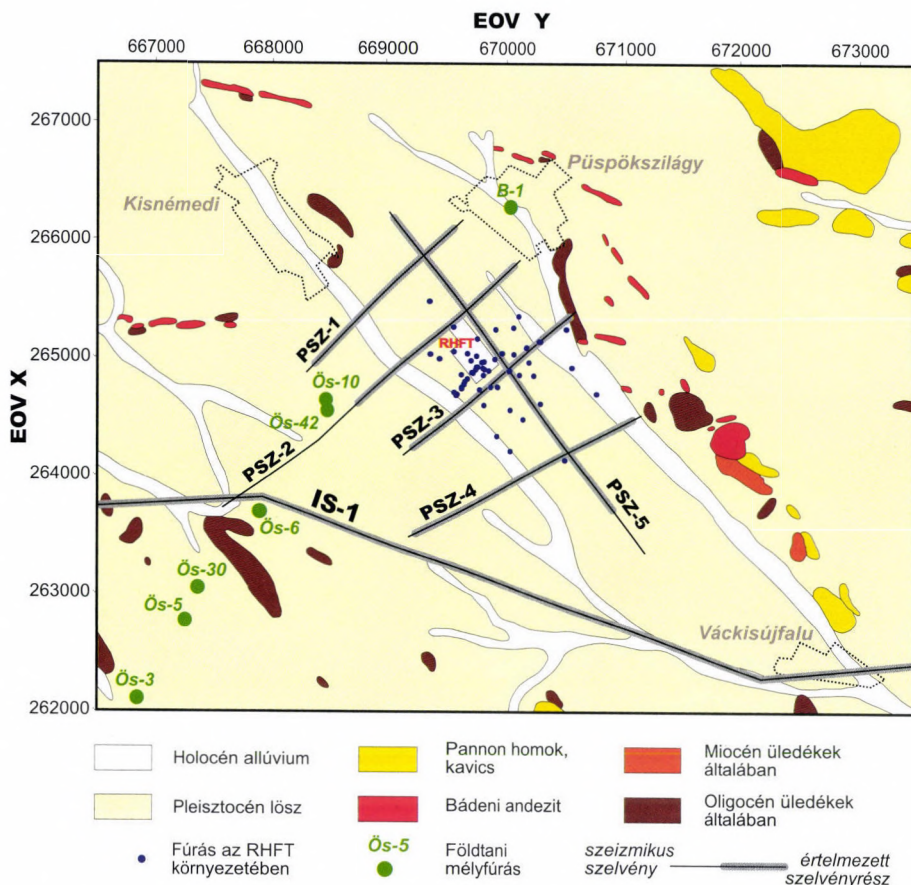
A felső oligocént (és részben az alsó miocént – egri emelet) az RHFT térségében leggyakoribb képződmény, a Szécsényi Slír Formáció és annak heteropikus fáciése, a Törökbálinti Homokkő Formáció („pectunculus-os homok”) képviseli. A telephely közvetlen környezetét uraló slír kőzeteket nyíltvízi, finomhomokos, csillámos és/vagy agyagos aleuritok alkotják kb. 400–600 m-es összvastagságban. A Törökbálinti Homokkő Formáció partközeli fáciésű homokkövekből áll, max. 250 m körüli vastagsággal.

Miocén kőzetek közül a legidősebbek az oligocéntből folyamatos átmenetet mutató, fent bemutatott Szécsényi Slír Formáció és Törökbálinti Homokkő Formáció. A fiatalabb képződmények csak kicsiny, max. 80 m-es vastagságban vannak jelen (HÁMOR G. 1985, 1998). A változatos alsó miocén rétegsorból említést érdemel a Mogoród, Fót és Csomád vonalában felszínre bukkanó Fóti Formáció (kárpáti korú meszes, bryozoás homok), a Budafoki Formáció (változó szemnagyságú homokkő – „nagypectenés rétegek”) és az Egyházasgergei Formáció (kárpáti korú, chlamysos homok – „kispectenés rétegek”). A középső miocén jellegzetes képződménye az alsó bádeni andezit (Mátrai Andezit Formáció). A Visegrádi-hegységben és a Börzsönyben nagy tömegű rétegvulkáni testeket formál, míg a tároló környezetében és különösen a Cserhát vidékén jellegzetes, nagyjából ÉNy–DK-i csapású telérekben fordul elő (NOSZKY J. 1940). Az egyik ilyen telér közvetlenül a telephely alatt fut, annak geometriai elhelyezkedését részleteiben is megvizsgáltuk. A szarmatát Püspökhatvan, Acsa és Vanyarc környezetében durvamészkövek és szárazföldi homokok, kavicsok képviselik. A felső miocén és pliocén (pannoniai s.l.) időszak alatt szürke agyagok, lignit és homokkövek képződtek, a hiányos (erodált) rétegsor a Galgától K-re csak kisebb foltokban van a felszínen. A neogént felső pliocén édesvízi mészkövek zárják.

A regionális térképi kivágat központi részét (2.1. ábra) legnagyobb részben változatos negyedidőszaki és holocén képződmények borítják, kis összvastagságban (max. 30–50 m). Ezek közül a legfontosabbak a változó korú és topográfiai helyzetű folyóvízi kavicsok (II.–V. teraszok), valamint az egy nagyjából ÉNy–DK-i csapású zóna mentén élesen elkülönülő futóhomok és löszös összletek. A futóhomok nagy kiterjedésű foltjai találhatók a Pesti-síkságon és a Gödöllői-dombság térségében. A Vác–Váchartyán–Erdőkertes–Domonyvölgy vonaltól ÉNy-ra viszont változatos kifejlődésű löszök (típusos, iszapos, homokos lösz, lejtőlösz) települnek. A területen a legfiatalabb képződményeket a holocén alluviális üledékek (öntés, folyóvízi homokok, kavicsok), lejtőtörmelések és futóhomok alkotják.

2.2.2.2. A telephely közvetlen környezetének földtani felépítése

A püspökszilágyi RHFT szűkebb környezetének (2.2. ábra) legnagyobb részét a tárolókat is befogadó löszös sorozatok fedik, akár 30 m-es vastagságban (TARNÓCI F. és társai, 1988; JÁMBOR Á. 2000). Az idősebb kőzetek (a telephely alatt: Szécsényi Slír Formáció és



2.2. ábra. Az RHFT közvetlen környezetének földtani térképe (TARNÓCZI, F. et al. 1988 után digitalizálva) a területre eső szeizmikus szelvények és földtani fúrások helyszínrajzával

Kiscelli Agyag Formáció) csak foltokban vagy – az andezit telérek esetében – egy-egy keskeny zóna mentén kerülnek a felszínre. Az egyik andezit telér a telephely alatt határolja a Némedi- és a Szilágyi-patak közti dombhátat, amit a morfológiai elemzés valószínűsít, a K-1 sz. fúrás pedig bizonyít. A pleisztocén összlet szögdiszkordanciával települ az oligocén slírré, amelynek felszíne nagyjából a jelenkori topográfiát követi. A löszrétegek a mélyebb szinteken inkább az oligocén felszínt, feljebb inkább a domborzat lefutását követik. A telephelyet magába foglaló dombháton a kvarter sorozat Ny-i irányban (Némedi-patak) gyorsan, K-i irányban (Szilágyi-patak) pedig lassan vékonyodik el.

A rendelkezésre álló részletes fúrásleírások alapján (JÁMBOR Á. 2000) a kvarter összlet általában korai-középső pleisztocén korú, patakordalék genetikájú egységgel indul, amelynek bázisán kb. 1 m vastagságú kavics található (l. pl. Püspökszilágy G-4a fúrás). Ez valószínűleg megfelel az eddigi ún. átmeneti rétegeknek (BOHN P. 1993). Efölött következik az alulról csonka, hegylábi típusú, ún. fiatal lösz összlet (Mende–Basaharci lösz, JÁMBOR Á. 1993a), amely három részre tagolható (l. pl. Püspökszilágy G-3 fúrás). Két agyagos lejtőlösz szakasz

egy fosszilis talajszintet zár közre, amely valószínűleg valamelyik Mendei vagy Basaharci talajszinttel párhuzamosítható (JÁMBOR Á. 2000).

A löszöket SCHWEITZER F. és társai (2000) is megvizsgálták a K-2 fúrás alapján. Vizsgálataik alapján a fiatal lösz összlet 200 000 évesnél fiatalabb, a kb. 14 m vastag sorozat számos talajszinttel tagolt (felső rész: Tápiósüly–Dunaújvárosi lösz; alsó rész: Mende–Basaharc lösz). Ennek fekéjében – attól denudációs szinttel elválasztva – egy agyagos, hidromorf talajokkal tagolt egység települ, amely esetleg a paksi löszökkel azonosítható.

2.3. Geológiai, geofizikai és geodéziai adatrendszerek

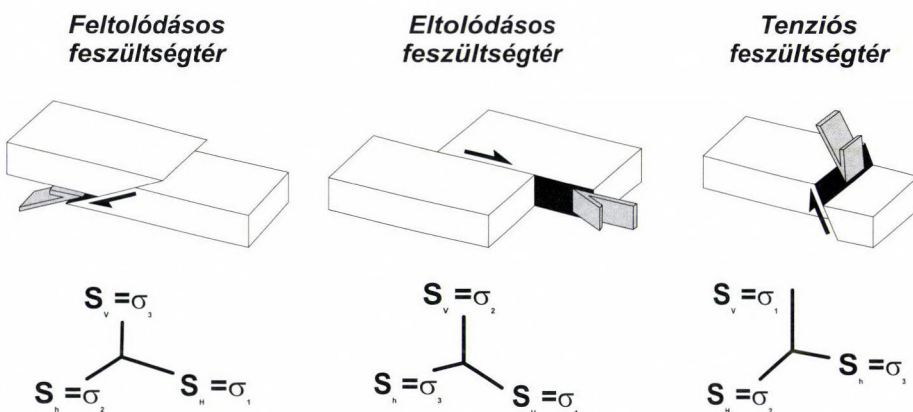
A vizsgálathoz szükséges geológiai adatokat a földtani térképek, szerkezetföldtani adatok, mélyfúrások és korábbi, részben kéziratoss publikációk, jelentések tartalmazták. A geofizikai adatok közül hagyományos szárazföldi és nagyfelbontású folyóvízi szeizmikus szelvényeket; közetfeszültségi, szeizmológiai, gravitációs és geotermikus adatokat dolgoztunk fel. A geodéziai adatrendszerek közül a terület recens függőleges mozgását és digitális terepmodelljét vizsgáltuk. A felhasznált fúrások és szeizmikus szelvények regionális helyszínrajzát a 2.3. ábra mutatja.

2.3.1. Feszültségtér fejlődése a korai miocéntől napjainkig

A vizsgált terület szerkezetfejlődésének megértését nagyban segítette az adott időszak alatt ható feszültségtér ismerete. A töréses deformáció, ill. vetőgeometria és a feszültségtér között fennálló szoros geometriai kapcsolat révén következtetni tudtunk az éppen aktív vetők kinematikájára, azaz arra, hogy egy adott irányú törésvonal mentén milyen elmozdulás (normálvető, el- vagy feltolódás, és ezek kombinációja) történhetett. A szeizmikus szelvények segítségével kitérképezett vetőket megpróbáltuk geometriai szempontból egységes kinematikai rendszerbe helyezni, ami a tektonikai térkép megszerkesztésénél kardinális fontosságúnak bizonyult.

Mindezek miatt az alábbiakban áttekintjük a telephely tágabb környékének feszültségtér fejlődését és a töréses szerkezetalakulás főbb fázisait a miocén időszaktól kezdődően napjainkig. (Az idősebb [neogén] tektonikai események tárgyalására azért volt szükség, mert a valószínűsíthetően neotektonikus szerkezetek általában korábbi törések felújulásával jönnek létre). Tekintettel arra, hogy a regionális térképi kivágratra csak nagyon kevés adat esik, elemzésünket ennél egy tágabb térségben, a Gerecse Ny-i peremétől a Mátra K-i oldaláig, ill. az országhatártól D-re és Budapesttől É-ra eső területen végeztük el. Az egyes időszakokban a rekonstruált paleofeszültség terek a vizsgálat egész területén homogén képet mutatnak, így a feszültségi irányok és a vetőkinematika nagy biztonsággal vonatkoztathatók a tároló szűkebb környezetére is.

Az egykori feszültségi irányokat terepi kritériumok alapján, mikrotektonikai adatok statisztikai módszerekkel történő elemzésével számoltuk ki. Munkánk során főképp BADA G. (1999), valamint FODOR L. és társai (1999) kompilációjára támaszkodtunk, a bemutatott adatok részletes hivatkozása ott megtalálható. A recens közetfeszültség viszonyokat – hasonló okok miatt – az ország teljes területén megvizsgáltuk.



2.4. ábra. Feszültségtér és deformációs stílus kapcsolata. SH, Sh, SV sorrendben: legnagyobb és legkisebb vízszintes, ill. függőleges feszültségi tengely irányja; δ_1 , δ_2 , δ_3 sorrendben: legnagyobb, középső és legkisebb főfeszültség iránya

2.3.1.1. Kárpáti – középső bádeni időszak

A korai miocén vége és a középső miocén a Pannon-medence történetében az intenzív, tektonikus (szin-rift) süllyedés időszaka volt (ROYDEN, L. H. és társai, 1983). A medencerendszer létrejöttéhez kötődően, a riftesedés transztenziós jellegének megfelelően a területet tágulási és/vagy eltolódási feszültségtér jellemezte. Az δ_1 , δ_2 és az δ_3 jelölésű főfeszültségek (2.4. ábra) közül δ_1 iránya (mai irányok szerint) függőleges vagy ÉK–DNy-i, KÉK–NyDNy-i δ_3 mindig vízszintes, iránya előzőkre merőleges. A NyÉNy–KDK-i csapású jobbos és az ÉNy–DK- irányú normálvetők mentén számos félárok nyílt fel az ottnangi időszak végén és a kárpáti időszak, ill. talán már a paleogén folyamán (pl. Pilis-törés, Fóti-árok és Etesi-medence). A Zagyva-árok vetőtörérendszere és szegélytörései ÉÉK–DDNy-i vagy ÉK–DNy-i irányúak, az elmozdulás jellege – hasonlóan a Darnó-vonalhoz – balos, transztenziós jellegű. A Galga-vonal valószínűleg normálvetőként működött, esetleg balos eltolódással kombinálva. A főképp a Cserhátban, de a telephely közelében is gyakori andezit telérek csapása ÉNy–DK-i, ami arra utal, hogy a korai bádeniben hasonló feszültségtér uralkodhatott (ÉK–DNy-i tenzió). A magmás sorozatot még a hűlés után is hasonló (törési deformáció) érte (BENCE G. és társai, 1991), ami alapján valószínű, hogy ez a tektonikai fázis a középső bádeniben fejeződött be.

2.3.1.2. Késő bádeni – szarmata időszak

Az előző fázishoz képest a főfeszültségi (δ) irányok 50–80°-kal, az óramutató járásával megegyezően elfordultak. A Zagyva-árokban tisztán tenziós (δ_3 ÉNy–DK- irányú), a terület Ny-i részén (Budai-hegység, Gerece, Visegrádi-hegység) és a Mátraalján inkább eltolódási tér hatott (δ_1 É–D-i, ÉK–DNy-i irányú). A főbb szerkezeti elemek kinematikája rekonstruálható volt. A korábbi, nagyrészt ÉNy–DK-i csapású vetők helyett ebben az időszakban főleg ÉK–DNy-i (l. Zagyva-árok) vagy É–D-i (l. Galga-vonal) csapású normálvetők mentén történt érdemi deformáció, gyakran balos eltolódásokkal kombinálva (transztenzió) (l. pl. Darnó-vonal).

A középső miocén és késő miocén határán egy rövid és viszonylag gyenge inverziós esemény figyelhető meg, főleg a Pannon-medence belsőbb vidékein. A szarmata és pannon képződmények közötti jellegzetes diszkordancia (unconformity) valószínűleg legalább részben ennek tudható be (HORVÁTH F. 1995). Az RHFT területén a legnagyobb főfeszültség iránya nem változott, a feszültségtér jellege azonban tisztán tenzióból eltolódásos jellegűvé válhatott.

2.3.1.3. Felső miocén időszak

A felső miocén (pannóniai) a Pannon-medence történetében a viszonylag nyugodt, ún. termikus (poszt-rift) süllyedés időszaka volt (ROYDEN, L. H. és társai, 1983): ennek megfelelően a töréses deformáció alárendeltebbé vált. A feszültségtér stílusa a rövid inverziós szakaszt követően újra jellemzően tágulási, ekkor már a Dunától Ny-ra eső területeken is. A Bécsi-medencétől egészen a Kelet-Szlovák-medencéig – így tehát a területünkön is – δ_1 iránya stabilan ÉK–DNy-i, δ_2 erre merőleges volt. A középhegység jelentős része valószínűleg már ekkor kiemelt vagy tengerszint közeli helyzetet foglalt el. A vetőkinematika nagyon hasonló a szarmata időszak tektonikai fázisához. A Zagyva-árok Ny-i része és annak DNy-i folytatása egészen a toalmási vonulatig és az Adonyi-medencéig főleg ÉÉK–DDNy-i és ÉK–DNy-i törésekkel volt tagolt. (Megjegyzendő, hogy a tektonikai aktivitás csekély volta miatt a deformáció átlagos mértéke jóval kisebb a szin-rift [korai és középső miocén] fázishoz képest.)

2.3.1.4. Pliocén – korai kvarter (?) időszak

A gyenge feltárási viszonyok és a legfiatalabb üledékek kis vastagsága és bizonytalan korolása miatt ebből az időszakból kevés biztos adat áll a rendelkezésünkre. A feszültségtér a késő miocénhez hasonló volt, a két fázis – ha valóban két fázissal van dolgunk – nehezen megkülönböztethető. Jellemző a transztenziós tér, azaz a normálvetők és eltolódások kombinációja. A legnagyobb horizontális feszültség (δ_1 vagy δ_2) iránya általában ÉK–DNy-i, bár Budapest környezetében több adat egy fiatalabb, erre merőleges feszültségtérrel (tektonikai epizód) valószínűsít ÉK–DNy-i tenzióval.

2.3.1.5. Jelenkori kőzetfeszültség Magyarország területén

A püspökszilágyi RHFT környékén recens kőzetfeszültség adat nem ismeretes. Így szükséges volt egy ennél tágabb terület (Magyarország) kiválasztására, amely megengedi a főbb trendek felismerését és helyes értelmezését. A vizsgálatok többségével – fűrőlyukak faldeformációjának, fiatal törések geometriájának és mikrotektonikai mérések elemzése – a vízszintes síkban ható maximális főfeszültség irányát (a továbbiakban: SH) képes meghatározni, amely az egyik főfeszültség irányával egyezik meg.

A földrengések fészekmechanizmusának elemzése alapján kiderült, hogy napjainkban a Pannon-medence tektonikai értelemben invertálódik és gyakorlatilag teljes területe el- vagy feltolódási (kompressziós) deformációt szenved. Így tehát a meghatározott SH irányok azonosnak tekinthetők a legnagyobb főfeszültség (δ_1) irányával. Magyarország D-i részén – hasonlóan a D-ről, ill. Ny-ról szomszédos Dinaridákhoz és Alpokhoz – az SH irányok viszony-

lag homogén képet mutatnak. Ez a terület jelenleg É–D-i, ill. ÉÉK–DDNy-i kompresszió alatt áll: ez az irány az Alföld területén ÉK–DNy-ivá válik. Az intenzív szénhidrogén kutatásnak köszönhetően Magyarország medenceterületeiről (Nagyalföld és Zalai-medence) bőséggel rendelkezünk feszültség meghatározások eredményeivel (Dövényi P. 1994), és mivel az SH irányok viszonylag egységes képet mutatnak, extrapolációval az egész ország recens feszültségterét becsülni tudjuk.

A püspökszilágyi RHFT környezetében δ_1 jó közelítéssel ÉK–DNy-i irányú. Ez egyébként megegyezik a szerkezetileg azonos helyzetű Dunántúli-középhegységben tapasztalt iránnyal. Felhívjuk azonban a figyelmet, hogy a területen egyetlen közvetlen mérési adat sem áll rendelkezésre, ami a feszültségirányok csak megközelítő becslését teszi lehetővé. A további mérések és vizsgálatok elvégzése a jövő fontos feladata. A recens és azt megelőző, pliocén-kvarter időszak feszültségterei közötti különbség részletes vizsgálatot igényel.

A közetfeszültségek abszolút nagyságának tekintetében lényegesen kevesebb adatra támaszkodhatunk. Magyarország területéről eddig mindössze két közetfeszültség magnitúdó került publikálásra a Duna-Tisza közti olajos fúrásokban, kb. 3300 m-es mélységben elvégzett rétegreprezítés tapasztalatai alapján (GERNER P. és társai, 1999). A két mérés közel azonos eredményt hozott: a minimális főfeszültség (δ_3) nagysága kb. 65 MPa, míg a maximális főfeszültség (δ_1) magnitúdója kb. 205 MPa-nak adódott. Hasonló eredményt hoztak BADA G. (1999) numerikus modellszámításai is: a tároló környezetében a legnagyobb horizontális feszültség magnitúdója kb. 50 MPa nagyságrendű.

2.3.2. Reflexiós szeizmikus szelvények elemzése

A püspökszilágyi RHFT tektonikai viszonyainak megértése, a töréses szerkezetek térbeli pozíciójának pontosítása és időbeli aktivitásának megítélése szempontjából a reflexiós szeizmikus szelvények értelmezése kardinális fontosságú. A területről átfogó, részletes és egységes szemléletű tektonikai térkép még nem készült. A kiindulásul szolgáló alaptérképek méretaránya vagy részletessége (NOSZKY J. 1940; JÁMBOR Á. és társai, 1966b; DANK V. és FÜLÖP J. 1990) nem megfelelő, a törések jellegének és pontos lefutásának meghatározásához tehát a szeizmikus anyagok feldolgozására volt szükség.

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a szelvények egy részénél a leképzett mélységtartomány 100 vagy 200 msec-os kétutas menetidő (kb. 100–200 m) alatti. Ekkor a vetők felszíni megjelenése csak közvetett bizonyítékok alapján, vagy egyáltalán nem volt rekonstruálható. Ez különösen a PSZ jelű szelvényeknél jelentett problémát, amelyeken a 180 msec feletti tértartomány nincsen leképezve.

A telephely tágabb környezetében számos *reflexiós szeizmikus mérést* végeztek, a vizsgálatokat különféle célból, eltérő időben és minőségben hajtották végre. Az elemzés során három szeizmikus adatrendszert dolgoztunk fel. Szénhidrogén kutatás céljából az egykori OKGT vállalat a telephely közelében 1989–90-ben, az Occidental Inc. (Oxy) pedig a Zagyvárókban (Heves-III koncessziós blokk) 1995-ben végeztetett szeizmikus szelvényezést. A regionális térképkivágat (2.1. ábra) Ny-i részén belül a Geomega Kft. a Dunán nagyfelbontású folyóvízi szelvényezést hajtott végre. A tároló biztonsági elemzéséhez kötődően az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1993-ban a telephely közvetlen közelében 5 db szeizmikus szelvényt vett fel. A munka során a következő szelvényeket használtuk fel (2.3. ábra):

– IS-1, IS-2, IS-8, IS-9, IS-10, IS-16 (1990, Geofizikai Kutató Vállalat)

- VJE-93 (1989, Geofizikai Kutató Vállalat)
- HIII-A, HIII-H, HIII-I (1995, GES Kft.)
- Duna-96/11, Duna-96/12 (1996, Geomega Kft.)
- PSZ-1, PSZ-2, PSZ-3, PSZ-4, PSZ-5 (1993, ELGI)

A szelvényeken azonosított szerkezeti elemek értelmezéséhez a szelvényeken túl földtani térképeket, mélyfúrási adatokat és egyéb geofizikai adatrendszereket is felhasználtunk. A pre-tercier medencealjzat mélységét KILÉNYI É. és SEFARA J. (1989) térképéről vettük át, annak szintvonalait interpolációval besűrítve (2.5. ábra). A szelvények mélységskáláját mindig kétutas menetidőben (msec-ben) adjuk meg, ami az ELGI és az Oxy szelvények mentén mért sebességfüggvények segítségével számolható át valódi mélységgé.

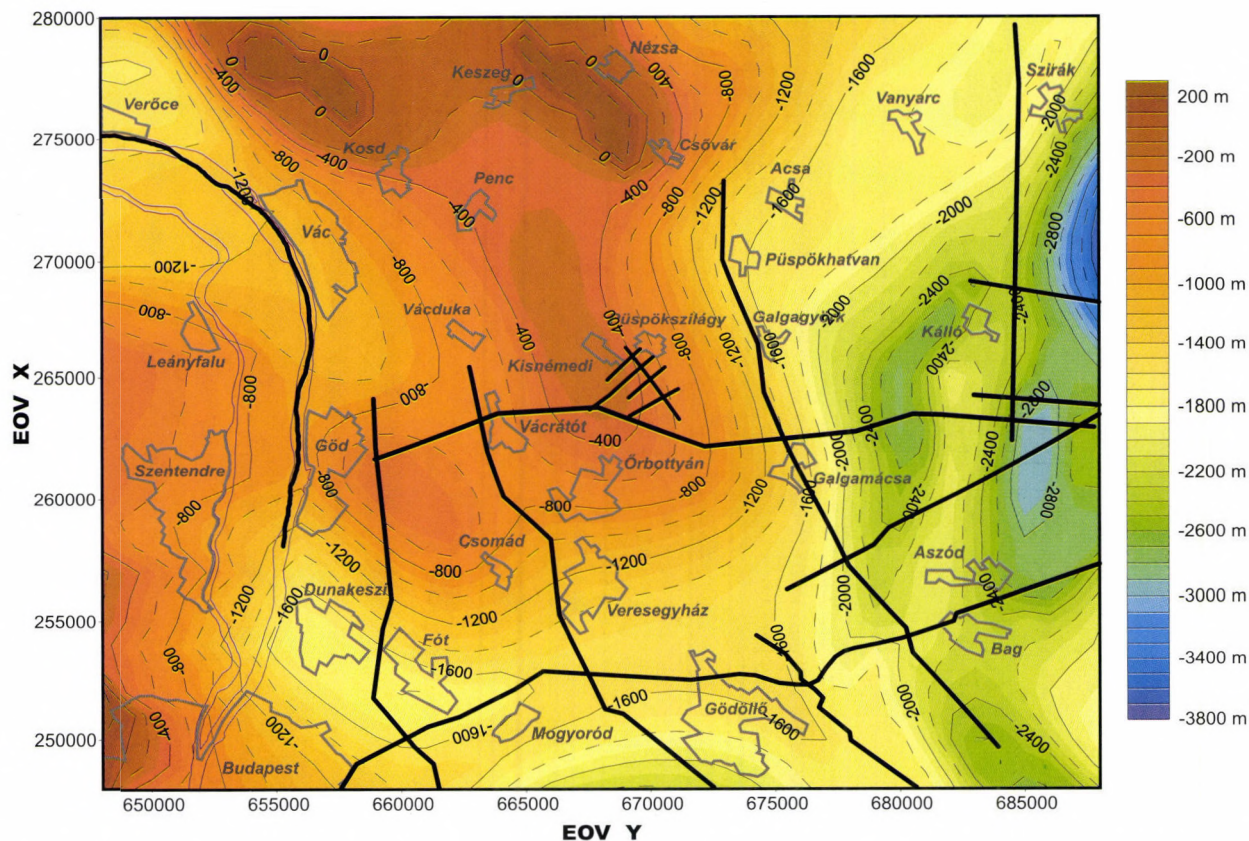
2.3.2.1. Szénhidrogén kutató szeizmikus szelvények leírása

A telephely közelében nagyjából K–Ny-i irányban fut az IS-1 jelű szelvény, amely – mivel a PSZ jelű szelvények közelében halad – a tároló tágabb és szűkebb környezete közötti szerkezeti kapcsolatok tisztázására különösen alkalmas. A szelvény a gödi és szödi aljzatmagaslatok vidékéről indul. Az aljzat a 800-as CDP-ig viszonylag sekély marad (800 msec-os kétutas menetidő (TWT) felett, ami kb. 1000 m-nek felel meg). Ezen a szakaszon a szelvény csak paleogén és idősebb képződményeket képzett le. A fúrások alapján ezek: vastag oligocén (Törökbálinti Homokkő Formáció, Szécsényi Slír Formáció, Kiscelli Agyag és alárendelten Hárshgyi Homokkő Formáció) és vékony eocén összlet (főleg meszes képződmények), valamint felsőtriász karbonátok, amelyek a szelvényeken mindig mint igen erős reflexiók jelentkeznek.

Az IS-10-es keresztzelvény környékén egy negatív virágszerkezet azonosítható, amitől K-re, Váchartyán térségében a mezozoos aljzat kb. 400 m-ig ugrik fel. A PSZ-2 szelvény keresztződésénél ez a szint mintegy 700 m-es mélységben (TWT: 580 msec) húzódik. A tároló közelében egyébként két vetőzóna figyelhető meg, mindkettő esetében a fővető K-ies dőlésű. Egy szerkezetileg viszonylag nyugodt szakaszt követően az aljzat Galgamácsától K-re zökken le mintegy 1800 msec-ig, ami kb. 2,5–3 km-es mélységnek felel meg. Értelmezésünk ilyen módon összhangban van az aljzattmélység térképpel (2.5. ábra), amely hasonló mélységeket jelöl. Galgamácsa környezetében egyébként megjelennek előbb a miocén, majd K-ebbre a pannon képződmények is. A vetők itt egy jellegzetes negatív virágszerkezetet mutatnak (transztenzió), a fővető K-ies dőlésű és a mélységgel fokozatosan egyre laposabbá válik. A vetőzóna utolsó eleme 1100-as CDP-nél azonosítható, majd innen K-re egy újabb, jóval sűrűbb vetőzóna jelenik meg, ahol a normálvetők mentén az aljzat, a miocén talp és tető egyaránt fokozatosan egyre lejjebb zökken. A szelvény vége eléri a Zagyva-árok tengelyét. A törések nagy része a teljes neogén sorozatot elmetstzi, így azok kora miocén utáninak adódik.

Az IS-1 szelvény K-i szegmensével jól párhuzamosíthatók a hasonló lefutású HIII-H, HIII-I, VJE-93 és az előbbi kettőt merőlegesen keresztelő HIII-A jelű szelvények. A HIII-H és a HIII-I szelvényeknek csak a regionális kivágatra eső szakaszait értelmeztük. A rendkívül jó minőségű anyagon K-ies dőlésű normálvetők jelölhetők ki, amelyek helyenként vetőzónákba rendeződnek. A főbb rétegtani szintek – az aljzattal együtt – K felé dőlnek. Mindkét szelvény Ny-i részén egy egészen a felszínig hatoló, fiatal törési zóna található.

A VJE-93 jelű szelvény ÉK-i felén a fentiekhez teljesen hasonló a szerkezeti kép, a sűrűn egymás mellett elhelyezkedő és részben szinszediment normálvetők K-ies dőlésűek. Valószínűleg a vetőraj DNY-i zárótagja a mestervető; ez a törés a miocén után felújult és egy



2.5. ábra. A pre-tercier medencealjzat mélysége az RHFT távolabbi környékén (KILÉNYI, É. és SEFARA, J. 1989 nyomán). A vastag fekete vonalak a felhasznált szeizmikus szelvények nyomvonalai

markáns, felszínig hatoló deformált zónát hozott létre. Ettől D-re két, ÉK felé dominószerűen kibillent blokk látható, amelyeket egy valószínűleg a felszínig hatoló törés választ el egymástól. A szelvény DNy-i végén egy markáns normálvető látszik, pontos elhelyezkedése azonban nem rekonstruálható.

A HIII-A szelvény É-i felén több fiatal (pannon utáni) szerkezet ismerhető fel, amelyek közül a 2600 és 2800 CDP közötti vetőzóna az aljzatot is jelentősen (kb. 1500 m) elveti. Ezt a virágszerkezetet egy miocénben is aktív vető fiatal felújulásaként értelmeztük. A felújulás pontos kora nem adható meg, de mindenképpen miocén (pliocén?) utáinak tekintendő. Ez a zóna egyébként egybeesni látszik a 200 000-es földtani térképen is jelzett, Sziráktól É-ra húzódó, ÉK–DNy-i csapású vetővel.

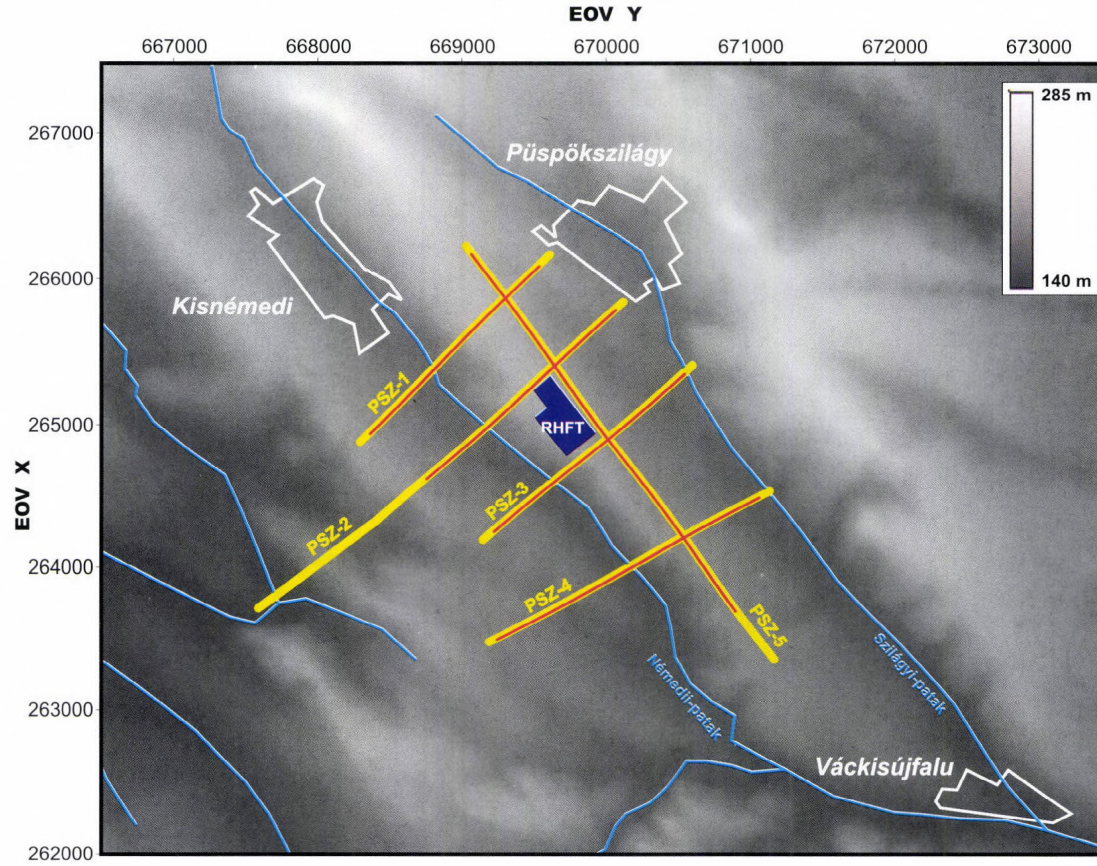
A terület D-i részén K–Ny, KÉK–NyDNy-i irányban halad a IS-2 jelű regionális szelvény. Ny-on, az IS-16 jelű keresztshelvénynél a viszonylag vékony eocénnel és vastag oligocén összlettel fedett triász aljzatot egy vetőzóna több lépcsőben, mintegy 1000 m-rel veti le. Ettől K-re megjelennek a miocén képződmények is, amelyeket (a feküvel együtt) egy markáns vetőzóna deformál Mogyoród körzetében. Ezeket a vetőket egy széles (500 és 850 CDP közti) nyírási öv részeként értelmeztük, amely fokozatosan egyre mélyebbre zökkenti le az aljzatot a fedő üledékekkel együtt. A 800-as CDP-től K-re megjelenő pannon rétegek is deformáltak, így a vetőzóna – legalábbis néhány ága – a miocén után is aktívnak tekintendő. Hasonló – bár kisebb laterális kiterjedésű – szerkezet látható az IS-9 jelű keresztshelvénynél, amely mentén az aljzat legalább 1000 m-t süllyed. Ez a virágszerkezet a pannon rétegeket is intenzíven deformálja, a pannon talpának elvetése több száz m nagyságrendű. Innen K-re főleg a miocén összletet érintő törések látszanak, az egyes blokkok dominószerűen kibillentek. Ezen vetők a pannon rétegeket nem szelik át teljesen, így aktivitásukkal a pliocént követően nem kell számolnunk.

Az IS-1 és IS-2 szelvényeket átkötő keresztshelvények közül az IS-9-es csak az utóbbit metszi. A teljes rétegsort mindössze egy törés szeli át, az IS-2 jelű szelvény metszésének közelében. A többi szerkezet pannonnal fedett, de a miocén rétegeket érinti: aktivitásuk tehát a miocén (szin-rift) időszakra esett. A másik három, nagyjából ÉÉNy–DDK-i lefutású átkötő szelvény (Ny-ról K felé: IS-16, IS-10 és IS-8) ennél sokkal érdekesebb képet mutat.

Az IS-16 jelű szelvény a gödi és szödi aljzatmagaslatokra megközelítőleg merőlegesen helyezkedik el, a paleogén összletet deformáló szerkezetek 304 msec TWT alatt jól tanulmányozhatók. Szembetűnő, hogy 500 CDP-től É-ra a vetők többsége D-ies, attól D-re pedig É-i as dőlésű. Ennek megfelelően É- felől az aljzat fokozatosan egyre lejjebb kerül, majd lassan újra emelkedni kezd. Az összletet számos vetőzóna, virágszerkezet tagolja, amelyek egy része – a többi geofizikai adat segítségével – jól korrelálható Ny-i irányban, a Dunán mért szelvények felé.

Az IS-10 jelű szelvényen a fontosabb vetők szinte kizárólag D felé dőlnek, ellentétes dőlés csak a vetőzónák antitetikus törései esetén látszanak. Erre jó példa a Veregyház közelében látható markáns vetőzóna, amelynek felszíni vetülete egy mintegy 3 km széles törési öv. Egy hasonló szélességű nyírási övtől D-re, Gödöllő térségében megjelennek a fiatalabb (miocén, pannon) képződmények is, amelyek a pre-neogén aljzathoz hasonlóan erősen deformáltak.

Az É-on a Galga-völgyben futó IS-8 jelű szelvény 650 CDP-től É-ra eső része egy aszimmetrikus árkt képez le. A szelvény nyomvonala a Galga-völgy tektonikus eredetének vizsgálata szempontjából sajnos nem túl előnyös. A völgy alatti rétegsort – főleg Püspökháttannál – számos vetőzóna tagolja, Galgamácsánál ezek egyike az aljzatot és a legfiatalabb (pannon) összletet is elveti. Ettől D-re a rétegek – különösen a pannon összlet – nyugodtabb településűek, csupán egy-két kis elvetésű törés azonosítható.



2.6. ábra. Az RHFT környezetének digitális terepmodellje (magassági értékek a szürkeskála szerint) a területen 1993-ban az ELGI által mért 5 reflexiós szeizmikus szelvény nyomvonalával (sárga vastag vonal). Az értelmezett szelvényt szakaszokat a piros vonalak jelölik

2.3.2.2. A Dunán mért nagyfelbontású szeizmikus szelvény értelmezése

1996 őszén a Geomega Kft. nagyfelbontású, többcsatornás reflexiós szeizmikus szelvényeket mért le a Duna fő ágában. A folyóvízen elvégzett szeizmikus szelvényezés egyik előnye, hogy a felső, laza, talajokkal tagolt rétegek hiánya miatt a rétegsorról már közvetlenül a folyómeder alatti mélységből is értékelhető reflexiók érkeznek. Ez rendkívül hasznos a neotektonikai vizsgálatoknál, hiszen ezek egyik fontos feladata a törések felszínig történő követése és a legfelül elhelyezkedő fiatal képződményeket érintő deformációs jegyek felismerése. A magas jel-zaj arány miatt a szelvények felbontása általában nagyon jó, gyakran egy nagyságrenddel jobb a szárazföldi szelvényekénél. Emiatt a kisebb vetők is azonosíthatók és a szeizmikus fáciesek elemzése is egyszerűbb.

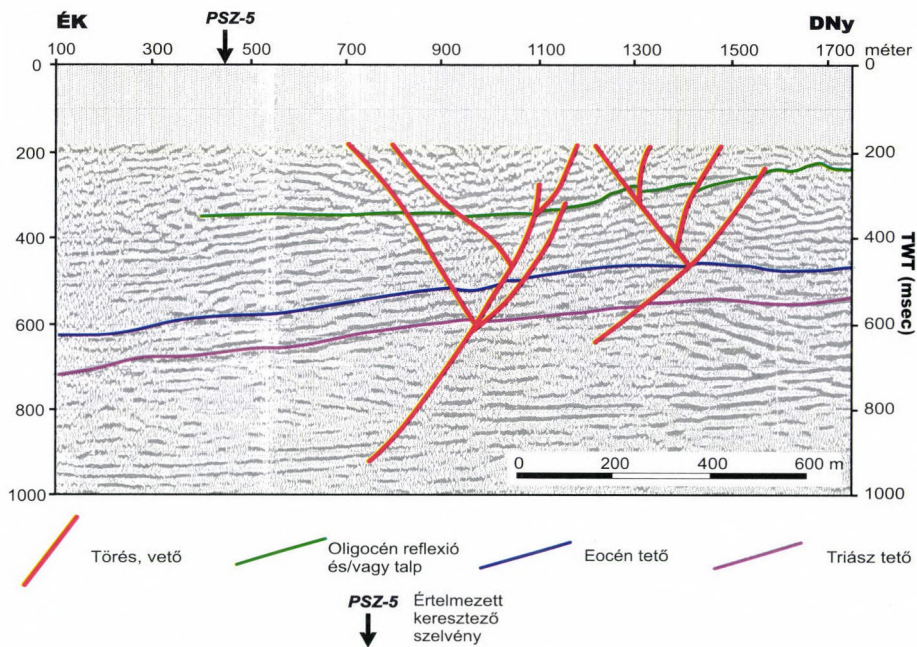
A mérési anyagból a Horány és Verőce közötti szakaszt választottuk ki feldolgozásra (l. 2.3. ábra). A terület előzetes tektonikai képének ismeretében és morfortektonikai megfontolások alapján úgy gondoltuk, hogy a Duna ezen szakasza alatti és az RHFT területén azonosított vetőzónák szerkezeti kapcsolatban lehetnek egymással. Ez a sejtésünk igazolódott és az IS jelű szelvények segítségével ez a kapcsolat lényegében tisztázhatóvá vált. A szelvény párhuzamos az IS-16 és IS-10 jelű szelvényekkel, az azonosítható szerkezetek többsége egymással korrelálható.

A Duna-11/96 és Duna-12/96 jelű szelvényeket 800 msec TWT-ig értelmeztük. A felbontás igen jó, messze meghaladja akár az olajipari, akár pedig az ELGI által mért adatrendszerekét. A vastag, D-ies dőlésű paleogén (főképp oligocén) összletet számos helyen deformálják törések, amelyek szinte mindig vetőzónákba, virágszerkezetekbe csoportosulnak. Ez igazolja a többi szelvényen alkalmazott értelmezési koncepciónk helyességét, miszerint a vetők nem szeparáltak és önmagukban jelentkeznek, hanem köztük legtöbbször szoros kinematikai kapcsolat létezik. (Ugyanezt az elméleti megközelítést alkalmaztuk a tektonikai térképek megszerkesztésénél is.) D-ről É felé haladva több fontos vetőzónát sikerült kijelölni. Ezek neotektonikus aktivitásának megítélése komoly nehézségbe ütközik: a területen szinte kizárólag paleogén (esetleg miocén) üledékek találhatók.

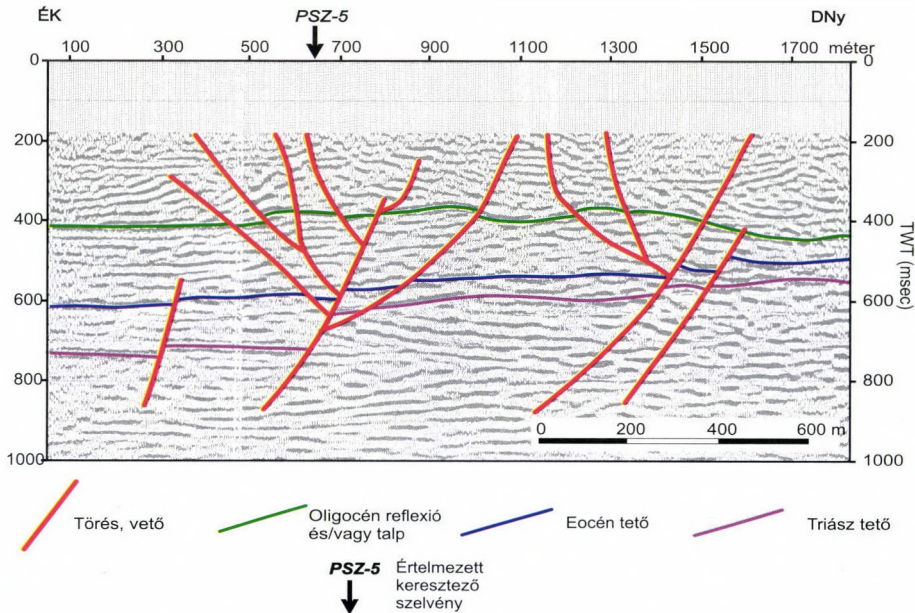
A gödi aljzatmagaslat D-i és É-i peremvetője is egy-egy virágszerkezetbe megy át felfelé, térképi vetületben tehát nem egyetlen, hanem több, közel párhuzamos töréssel számolhatunk. Valószínűleg az É-i peremvető zökkenti le a gödinek támaszkodó, D felé kissé kibillentett sződi aljzatmagaslatot is, amelynek É-i pereme szintén tektonikus. Váctól D-re egy szerkezetileg nyugodtabb zóna következik. Ennek a megfigyelésnek az oka részben az lehet, hogy a szelvény egy rövid szakaszon gyengébb minőségű. Ezt követően Vácnál két újabb vetőzóna következik D-ies dőléssel, amelyek közül a D-ebbi az igazán markáns. A folyásirány itt előbb DK-i, majd K-ivé válik és a felsőbb vetőzónák szinte kizárólag É-ias dőlésűvé válnak. A rétegek települése nyugodtabbá válik, kivétel ez alól a töréses övek közvetlen környezete.

2.3.2.3. A PSZ jelű szeizmikus szelvények jellemzői

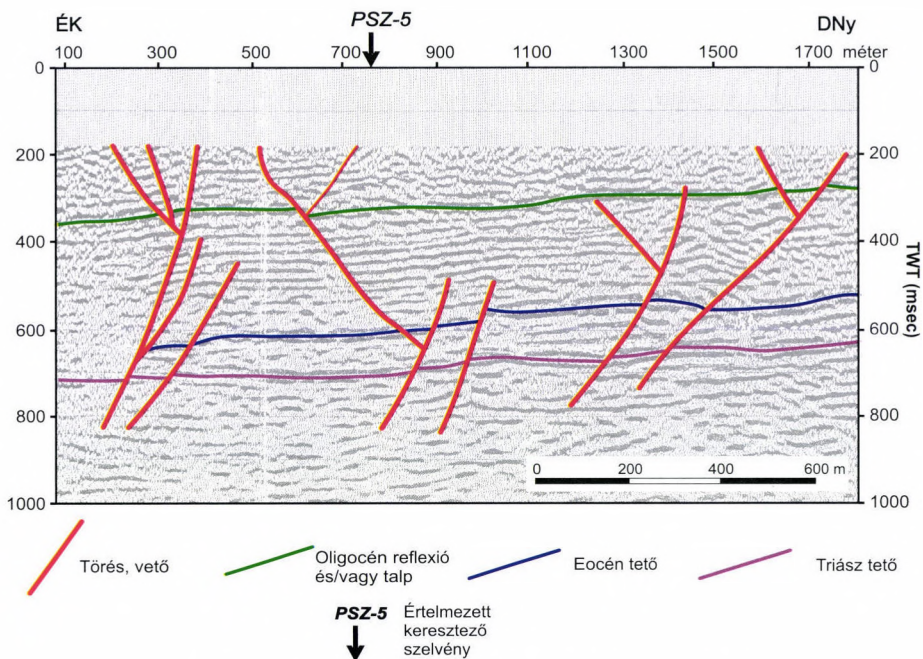
Az ELGI 1993-ban komplex geofizikai vizsgálat sorozatot végzett az RHFT közvetlen közelében (KOPÁCSVÖLGYI S. és társai, 1993). Ennek keretében öt szelvény (PSZ-1 – PSZ-5 – l. 2.6. ábra) mentén végeztek reflexiós szeizmikus méréseket (2.7.–2.11. ábra) a PSZ-2 és PSZ-5 szelvény mentén pedig refrakciós szelvényezést is. Az öt migrált reflexiós szelvényt újraértékeltek, a töréses szerkezeteket megpróbáltuk egy egységes kinematikai rendszerbe helyezni. Minderre a telephely közvetlen környezete tektonikai térképének megszerkesztéséhez



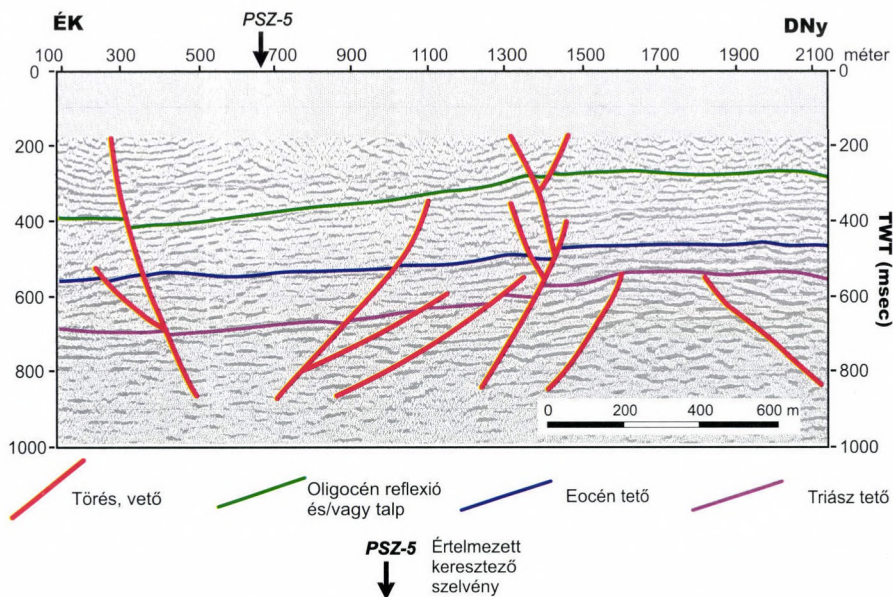
2.7. ábra. A PSZ-1 jelű reflexió szeizmikus szelvény és értelmezése



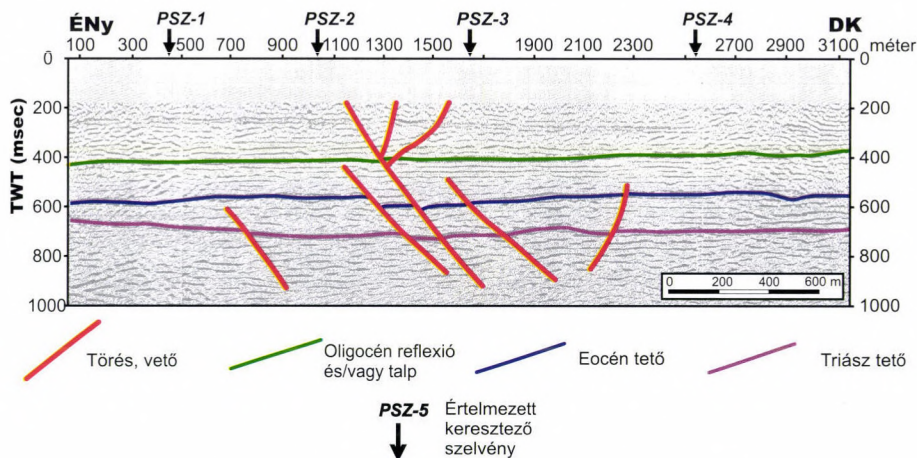
2.8. ábra. A PSZ-2 jelű reflexió szeizmikus szelvény és értelmezése



2.9. ábra. A PSZ-3 jelű reflexió szeizmikus szelvény és értelmezése



2.10. ábra. A PSZ-4 jelű reflexió szeizmikus szelvény és értelmezése



2.11. ábra. A PSZ-5 jelű reflexiók szeizmikus szelvény és értelmezése

volt szükség. A szelvények teljes hosszban nem voltak hozzáférhetők, így csak bizonyos részeit volt módunk feldolgozni. Már most fontos leszögezni, hogy a szelvények a kb. 180 msec kétutas menetidő feletti tartományban semmiféle információt nem tartalmaznak, így az azonosított vetők felszíni lefutását csak becsülni lehet. A szeizmikus anyag neotektonikai vizsgálatokban való használhatóságát ez a tény sajnos erősen csökkenti. Ettől függetlenül számos vetőzóna kijelölése lehetséges volt, ami a terület tektonikai ismertségét nagyban elősegítette.

A szelvények újraértékelésénél elfogadtuk az ELGI-s szakemberek rétegtani beosztását. Eszerint a pre-tercier aljzatot triász képződmények alkotják, amelynek felszíne jól azonosítható átlagosan az 550 msec és 800 msec közötti kétutas menetidő tartományban. Az általános dőlésirány ÉK-ies. Efölött vékony (kb. 100–150 m vastag), erősen reflektáló eocén (?), majd a szelvények legfelső reflexiójáig oligocén képződmények következnek. A fúrások szerint ezek a képződmények a Kiscelli Agag Formációba és a Szécsényi Slír Formációba sorolandók (JÁMBOR Á. 2000). Az értelmezést könnyítendő, kiválasztottunk és bejelöltünk egy markáns oligocén horizontot. A szelvények korábbi és mostani értelmezése között a fő különbség az, hogy a szelvényeken jóval több vető látszik, amelyek kijelölése a tektonikai térkép megszerkesztése szempontjából kardinális fontosságú.

A PSZ-1 jelű szelvényen (2.7. ábra) két markáns vetőzóna látszik, amelyek a szelvényen látható legfelső rétegeket is érintik. Az összes törés a PSZ-5 keresztzelvénytől DNy-ra helyezkedik el, az ahhoz közelebbi fővető áldőlése (szelvénymenti dölése) ÉK-i, a másiké DNy-i. Az aljzat lankásan dől ÉK felé, a törések mentén az összletben csak kis elvetések látszanak. A PSZ-2 szelvényen (2.8. ábra) hasonló a kép, azzal a különbséggel, hogy a D-ebbi vetőzóna az előbbivel szemben – egyébként a szomszédos vetőzónához hasonlóan – ÉK-ies dőlésű. A két szelvényen azonosítható É-abb-i vetőzónák geometriailag teljesen hasonlóak, így korrelálандónak tűnnek. A szelvény ÉK-i végén egy felszínközelsbe nem, csak az oligocén mélyebb szintjéig hatoló vető azonosítható.

A PSZ-3 jelű szelvényen (2.9. ábra) az előzőekben felismert virágszerkezet már a keresztzelvénytől É-ra jelentkezik. A törések geometriailag egy hasonló, de keskenyebb zónában csoportosulnak. A szelvény központi részén egy idősebb törésből fiatalabb vetők ágaz-

nak felfelé, attól D-re pedig egy közel felszínig hatoló vetőzóna jelölhető ki. A szerkezeti zónák ÉK-ies dőlésűek. A PSZ-4 jelű szelvényen (2.10. ábra) két fiatalabb szerkezetet értelmeztünk. Az É-abbi egy bizonytalan elvetésű, DNy-i áldőlésű, a másik egy felfelé „felvirágzó” nyírási öv. Utóbbitól ÉK-re és DNy-ra idősebb, csak az alsóbb szinteket érintő törések látszanak.

A PSZ-5 jelű szelvényen (2.11. ábra) a rétegek nyugodt, gyakorlatilag vízszintes településűek. Csupán egy markáns, jól azonosítható, DK-ies dőlésű vetőzóna látszik, a PSZ-2 és PSZ-3 keresztaszelvények között. Figyelembe véve az összes szelvény értelmezését, úgy ítéljük meg, hogy ez a szerkezet kapcsolódik az utóbbi szelvény ÉK-i és az előbbi szelvény DNy-i oldalán látható vetőzónákhoz. A szelvényen ezen kívül még néhány idősebb szerkezet jelölhető ki.

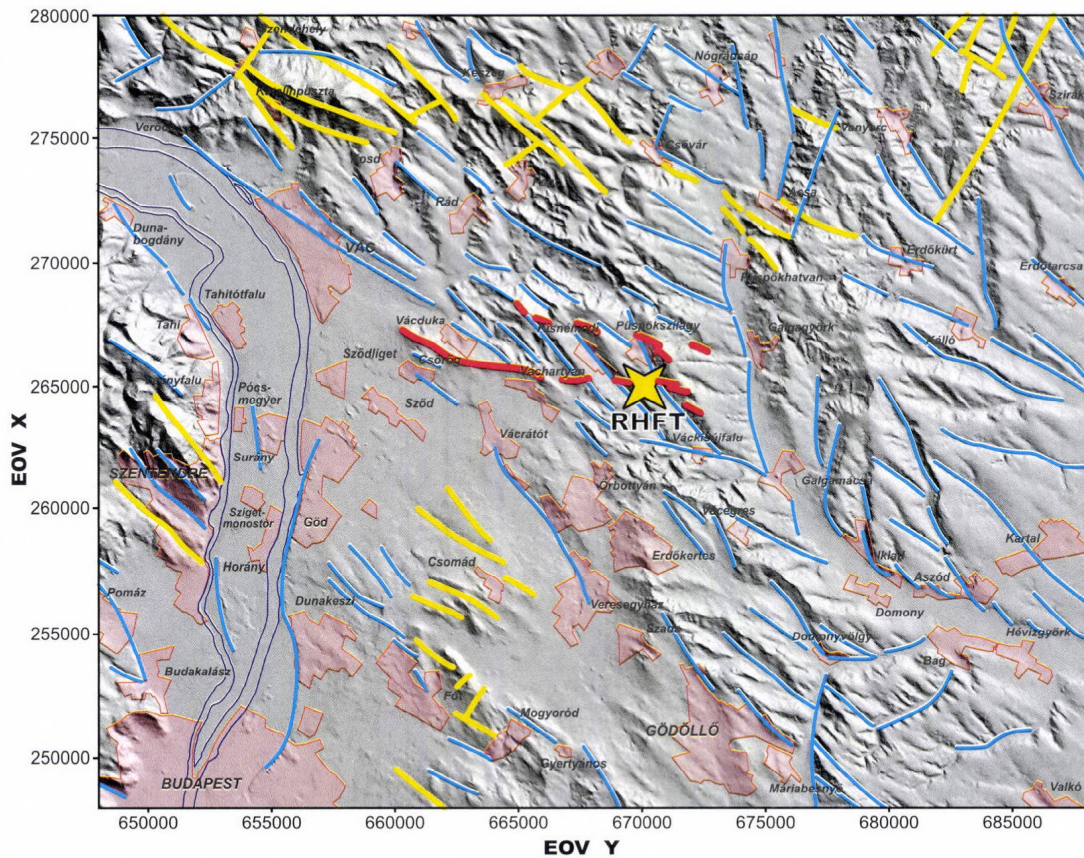
2.3.3. Morfológiai elemzés

A morfológiai elemzés célja az RHFT tágabb környezete főbb morfológiai elemeinek számbavétele és tektonikai értelmezése volt. A megfigyelt topográfiai jelenségek segítséget és nem elsődleges bemenő adatokat szolgáltatnak egy terület szerkezeti képének kialakításához. A digitális terepmodelleken, légi- és űrfotókon azonosított morfológiai és a terepi tektonikai elemek közötti kapcsolat felismerése meglehetősen problematikus feladat (SÍKHEGYI F. 1992). További, igen nehéz kérdés a biztosan tektonikusnak ítélt morfológiai szerkezetek neotektonikus aktivitása (BADA G. és társai, 1996). Egy terepen megfigyelt meredek, tektonikus eredetű tereplépcső nem feltétlenül aktív szerkezet, hanem pl. jelezhet hirtelen litológiai váltást, azaz differenciált eróziót is. Számtalan ilyen szerkezet található középhegységi területeinken.

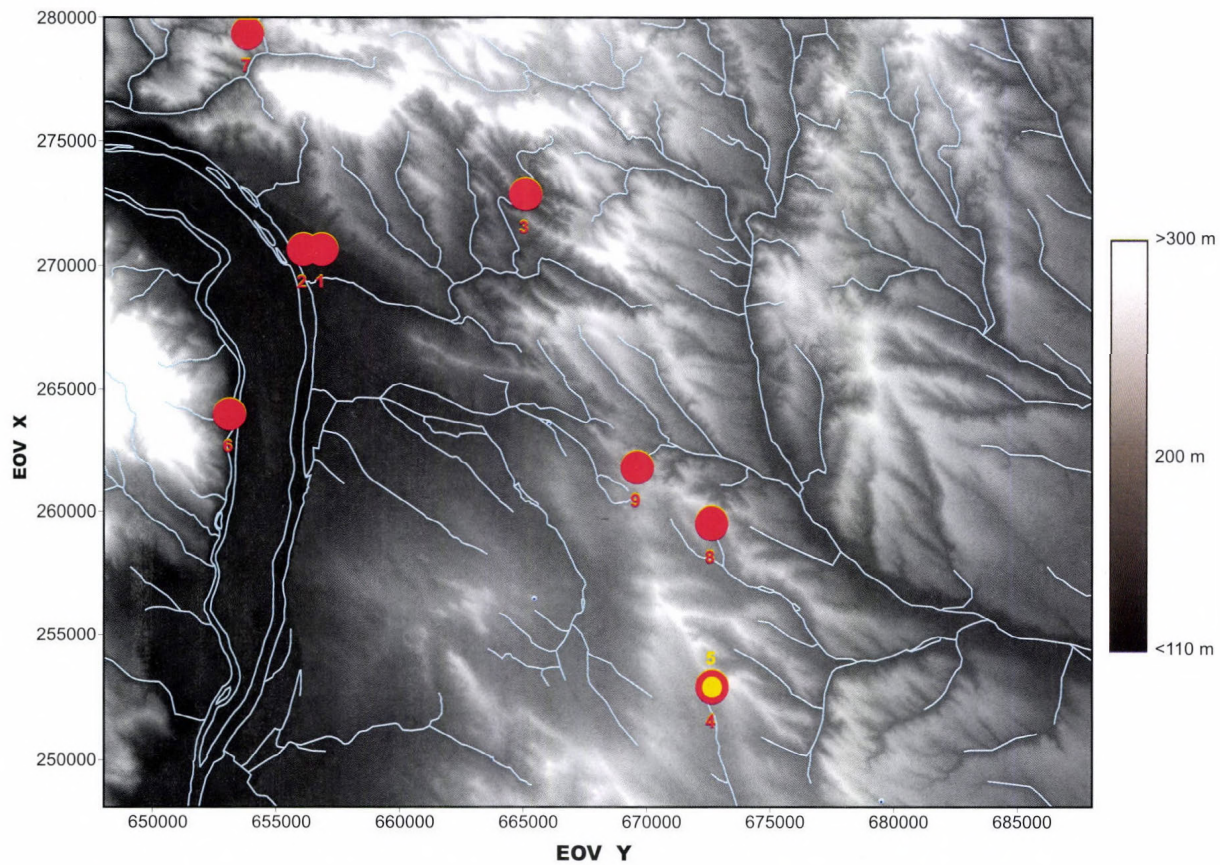
A pannon és kvarter képződményekben is gyakran bevágó, a Dunántúl Ny-i részétől a területünkön át egészen a Zagyva-árokig követhető jellegzetes, sugaras geometriájú völgyhálózat genetikai értelmezése komoly szakmai vitákat váltott ki (GERNER P. 1994). A meglehetősen szabályos lefutású völgyrendszert egyesek neotektonikus eredetűnek tartják (BREZSNYÁNSZKY K. és SÍKHEGYI F. 1987; JÁMBOR Á. 1993b; JÁMBOR Á. és társai, 1993; SÍKHEGYI F. 2000). Mások ezt a konkrét tektonikai adatokkal valóban nehezen alátámasztható értelmezést kétségbe vonják (BALLA Z. és társai, 1993). A hiányos és vékony kvarter rétegsorok miatt ugyanis a szerkezeti mozgások datálása elvi nehézségekbe ütközik – ebben egyébként az összes fenti szerző egyetért. A rossz feltártság, a pleisztocén képződmények korolásának gondja, a gyakran konszolidálatlan üledékek dominanciája, az erózió és a szeizmikus szelvények legfelső részéről szinte mindig hiányzó észlelések miatt pleisztocén rétegeket érintő törésvonalat keveset ismerünk, ám több ilyen is létezik (JÁMBOR Á. és társai, 1993; TÓTH J. és társai, 1997; KÁZMÉR M. és társai, 2000).

A fenti megfontolások figyelembe vételével a morfotektonikai elemzés során számos morfológiai lineamentumot jelöltünk ki, amivel a más adatrendszerrel (pl. szeizmikus szelvényekkel) valószínűsített felszíni törések lefutását ellenőriztük és a tektonikai térkép megszerkesztését segítettük. Ennek megfelelően vonalaink nem aktív vetőket, még csak nem is feltétlenül törésvonalakat ábrázolnak, hanem valódi terepi morfológiai elemeket, azaz keskeny völgyeket, éles gerinceket és hegyperemeket, meredek tereplépcsőket, hirtelen letöréseket. Ezek természetesen tektonikus eredetűek is lehetnek, és ha ez – a törés korától függetlenül – bebizonyosodott, a szerkezetet a morfológiai elem irányában tovább vezettük. A legfiatalabb, neotektonikus eredetű törések túlnyomó többsége idősebb vetők felújulásával keletkezett, így az azonosított morfotektonikai szerkezetek aktivitásának megítélése további vizsgálatot igényel.

A feladathoz a terület árnyékolt magassági térképét (2.12. ábra) és digitális terepmodelljét (2.13. ábra) használtuk fel. A térképeket a Magyar Honvédség Térképészeti Hivatal



2.12. ábra. Az RHFT tágabb környékének erősen magasított topográfiai modellje. Az árnyékolás a morfológiai elemeket erősen kiemeli (kék vonalak). A sárga vonalak a földtani térképről átvett töréseket, a vastag pirosak az alsó bádeni andezit teléreket jelölik



2.13. ábra. Morfológia (a szürke színezés a magassággal arányos) és szeizmicitás kapcsolata az RHFT tágabb környékén. A piros körök a rengések epicentrumait jelölik

digitális topográfiai adatbázisának (DDM-10) felhasználásával készítettük. Az adatbázis tartalmazza a terület tengerszint feletti magassági értékeit 10 m-es rácshálóban. A 2.13. ábrán egy speciális megjelenítési módot választottunk: a terület topográfiai térképét ÉK-i irányból (inklináció: 45°) egy képfeldolgozó szoftver segítségével megvilágítottuk. Az árnyékolás miatt a különösen a bevilágítás irányára merőleges, azaz ÉNy–DK-i lefutású morfológiai elemek kitűnően tanulmányozhatók. A klasszikus, színskálával kódolt magassági megjelenítés esetén (2.13. ábra) ezek az elemek kevésbé szembetűnők.

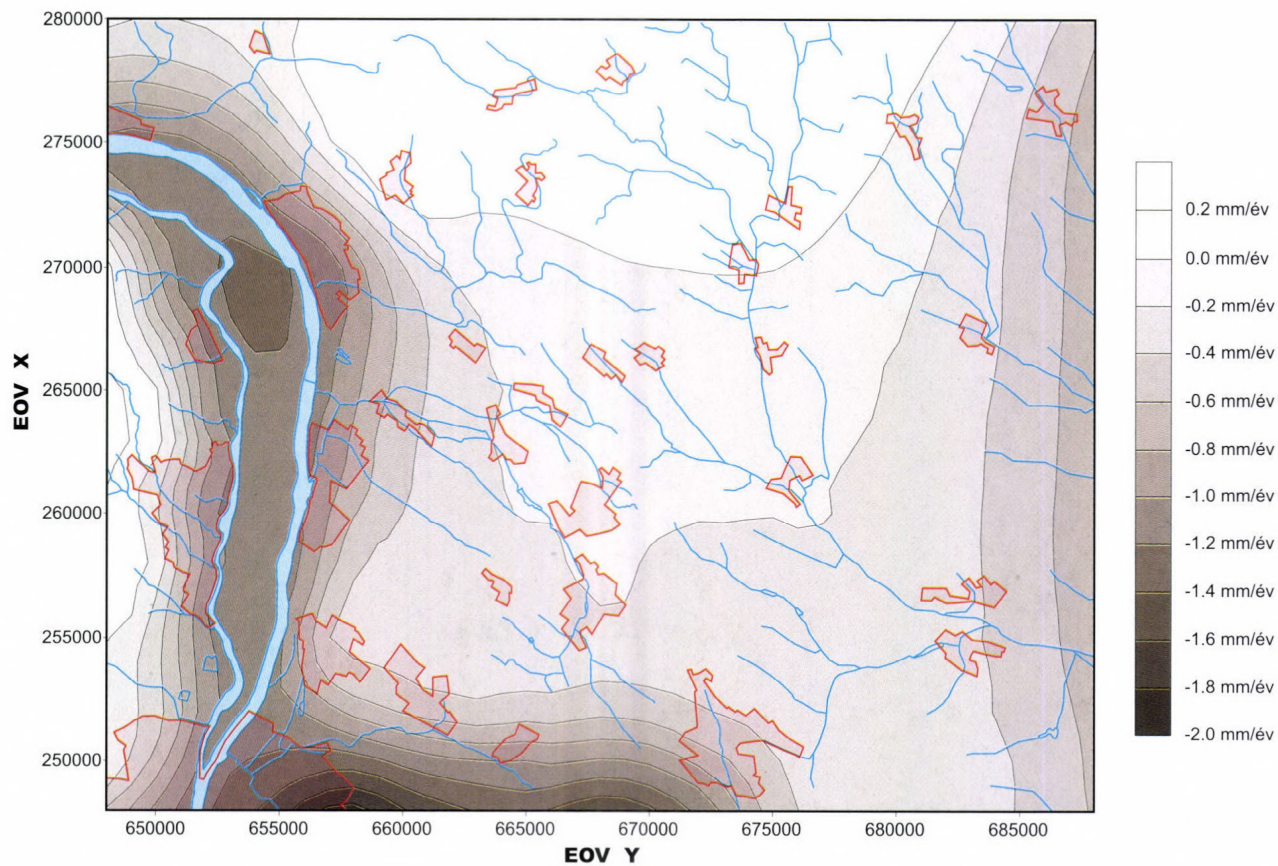
Püspökszilágy és környezete az Északi-középhegység DDNy-i oldalán helyezkedik el. A folyóvízi terasz szintek és a forrásmészkövek topográfiai helyzete alapján a hegység fiatal kiemelkedése több száz m lehetett (PÉCSI M. 1959; PÉCSI M. és társai, 1984). Az aktív erózió miatt a felszín tagolt, vízhálózata sűrű és gyakoriak a deráziós formák. A terület morfológiai jellemzését SCHWEITZER F. és társai (2000) részletesen elvégezték. A kiemelkedés miatti intenzív erózióról a pleisztocén képződmények redukált vastagsága és facieseloszlása is tanúskodik. A kvarter alól az idősebb képződmények egy jellegzetes, Sziráktól Budapestig húzódó, ÉK–DNy-i csapású zónában bukkannak felszínre. Ebben az övben az általában K felé kibillent blokkokat keskeny völgyek választják el.

A völgyek jelentős részénél azok K-i oldala (azaz a blokkok Ny-i pereme) jóval meredekebb a szemközti oldalnál. A völgyek fő csapásiránya a Galga és a Duna között ÉNy–DK-i. Érdekes módon, ezt a nagyon jellegzetes morfológiai irányt a jól azonosítható andezit telér gerincek ferdén, mintegy 20°-os szögben metszik. Igaz ez a telephely közvetlen környezetére is (2.6. ábra), ahol a telérek a tárolónál szelik át a Némedi- és Szilágyi-patak közötti dombhátat. Maga a dombhát – a fentieknek megfelelően – K-i irányban lankásan, Ny-i irányban pedig meredekebben dől a közrezáró patakok felé. A meglehetősen lineáris lefutású patak völgyek meredek oldalát elméletileg törésként is értelmezhetjük, erre azonban terepi bizonyíték nincs.

A tároló tágabb környezetében számos, oldalirányban km-eken át követhető morfológiai elem figyelhető meg. Ezeket a terepmodellen bejelöltük, a tektonikai értelmezésnél felhasználtuk. Számos lineamentum morfortektonikainak minősíthető, azaz pl. egy tereplepcső vetőt jelöl. Példák erre a Naszály, a Csővár és a Pilis peremi letörései, vagy a Fót és Csomád térségében látható ÉNy–DK-i irányú kisebb völgyek és gerincek. Egy csaknem 15 km-en keresztül követhető, ÉNy–DK-i csapású, rendkívül markáns – bár nem túl magas – gerinc külön figyelmet érdemel. Váctól egészen Vácdukáig követhető: ezen a szakaszon a morfológiai elem egybe esik a futóhomok-lösz határral. Innen DNy-ra több vonalra bomlik fel, majd a Némedi-patak vonalát követve éri el Galgamácsát.

Feltűnő, hogy a Galga É felé keskenyedő, ÉÉNy–DDK-i lefutású, meglehetősen egyenes eróziós völgye ennél a pontnál fordul K-ies irányba. A két lineáris morfológiai elemet összekötve, azt egészen a Zagyváiig folytatva megszerkesztett lineamentumot SIKHEGYI F. (2000) Cserhát–Mátra néven egy napjainkban is aktív törésnek értelmezte. Ezt a szerkezetet SIKHEGYI F. (1993), valamint JÁMBOR Á. és társai (1993) is a (korai?) pleisztocénben aktívknak tartották. Ennek tisztázása – tekintettel arra, hogy a szerkezet a telephely közvetlen közelében húzódik – a jövőbeni kutatások kiemelt fontosságú feladata lehetne.

A telephely környezetének negyedidőszaki általános kiemelkedéséről alkotott képpel szemben a geodéziai kéregmozgási térképek szerint a terület nagy része ma süllyed (Joó I. 1998 – 2.14. ábra). Az ismételt geodéziai szintezések alapján szerkesztett térkép szerint a Duna és a Zagyva völgye, valamint a Budapesttől K-re lévő területek süllyedési sebessége mintegy 0,8–1,5 mm/év, a közbülső vidékeké 0–0,5 mm/év, míg a Vanyarc–Püspökhatvan–Kosd–Szendehely ívtől É-ra eső területek (pl. Csővár, Naszály) és a Visegrádi-hegység központi részei emelkednek.



2.14. ábra. Recens vertikális deformáció mértéke az RHFT tágabb környezetében (Joó, I. 1998 nyomán). A negatív értékek süllyedést, a pozitív értékek emelkedést jeleznek

2.3.4. Szeizmicitási viszonyok

Egy terület jelenkori deformációjának megítélése szempontjából a szeizmicitás mértéke és a rengések paraméterei elsődrendű fontosságúak. A magyar földrengés katalógus (MTA GGKI Földrengésjelző Obszervatórium) adatainak felhasználásával megjelenítettük a regionális térképi kivágatra eső földrengések epicentrumait (2.13. ábra). Az egyes rengések fontosabb paramétereit a 2.1. táblázat tartalmazza (ZSÍROS T. 2000 nyomán):

2.1. táblázat. A vizsgált terület földrengéseinek főbb adatai

Sors szám	Dátum	Epicentrum helye	Földrajzi szélesség	Földrajzi hosszúság	Intenzitás	Magnitúdó
1	1854–10–2	Vác	47,78É	19,14K	5,5	3,9
2	1857	Vác	47,78É	19,13K	–	–
3	1863–1–17	Penc	47,80É	19,25K	5,5	3,9
4	1908–3–20	Gödöllő	47,62É	19,35K	3,5	2,7
5	1929–3–7	Gödöllő	47,62É	19,35K	3,0	2,3
6	1930–8–23	Leányfalu	47,72É	19,09K	2,0	1,7
7	1997–10–17	Szendehely	47,86É	19,10K	–	2,2+
8	1998–11–22	Penc	47,68É	19,35K	–	0,9+
9	1998–11–22 I	Penc	47,70É	19,31K	–	1,3+

A püspökszilágyi RHFT környezete szeizmicitását tekintve az ország nyugodt területei közé tartozik. Ugyan két klasszikus forrásterület (a dunaharaszti és jászberényi) is 50 km sugarú körön belül helyezkedik el, a térségben eddig összesen csak 9 rengést észleltek. Az ábrán a földrengések epicentrumainak helyét tüntettük fel, ennek pontossága természetesen bizonytalansággal terhelt. A történelmi rengések esetében ez ± 10 –20 km, a műszeres megfigyelések esetén pedig ± 5 km. Az események száma (ritkasága) korrekt szeizmotektonikai modell kialakítását nem teszi lehetővé. Ehhez lényegesen több adatra, a rengések pontos paramétereinek (pl. fészekmechanizmus) és az aktív vetők geometriájának megközelítő ismeretére lenne szükség (BADA G. és társai, 2000). Ezek a feltételek a telephely és környezetének esetében nem teljesülnek.

Megjegyezzük, hogy a rengések alacsony száma a csekély tektonikai aktivitás mellett az adatbázis hiányos voltának is betudható. Az első rengést kb. 150 éve észlelték, a komolyabb földrengések visszatérési ideje ennél nagyságrendekkel nagyobb lehet. A térképről mindenesetre kiderül, hogy a rengések az előző alfejezetben tárgyalt, morfotektonikailag jellegzetes képet mutató Cserhát–Mátra vonal (SÍKHEGYI F. 2000) közelében csoportosulnak, ami szintén ennek az aktív (?) szerkezeti övnek a további vizsgálatát indokolja.

2.3.5. Gravitációs anomáliák

A munka során az ELGI által 1968-ban készített térképlapot használtuk fel (POLLHAMMER M. és SZILÁRD J. 1968): a térkép adatait 1 km-es rácshálóba számítottuk át. A térkép (2.14. ábra) által lefedett terület különböző felmértésű részekre osztható: egyes részekben torziós inga méréseket, másokon graviméteres adatokat használtak fel a szerkesztéshez. A térkép a potsdami rendszerbe illeszkedik, CASSINIS-féle normálértékkel, az Adriai-tenger szintjére vonatkoztatva, $p = 2000$ kg/m³ sűrűséggel. Ez a korrekciós sűrűségérték megfelelő a medenceterületeken, ám a hegyes vidékeken az anomáliákat túlságosan hangsúlyossá teszi. Noha az alacsony korrekciós sűrűségérték kihangsúlyozza a hegyvidékeken a BOUGUER-anomáliákat, a horizontális gradiens kiszámításánál nem jelentett hátrányt.

A gradienstérképen (2.15. ábra) valójában a BOUGUER-anomáliák horizontális gradiensek abszolút értékét ábrázoltuk, azaz a pontról-pontra kiszámított gradiensvektorok hosszát. Az így nyert adatrendszer kiemeli azokat a lineamenseket, amelyek mentén a Bouguer-anomáliák gyors változása figyelhető meg, vagyis tulajdonképpen a különböző sűrűséggel jellemezhető közettömegek határát adja meg. E lineamensek egy részéről feltételezhetjük, hogy tektonikai eredetűek, így alkalmasak a más módszerekkel azonosított vetők lefutásának ellenőrzésére.

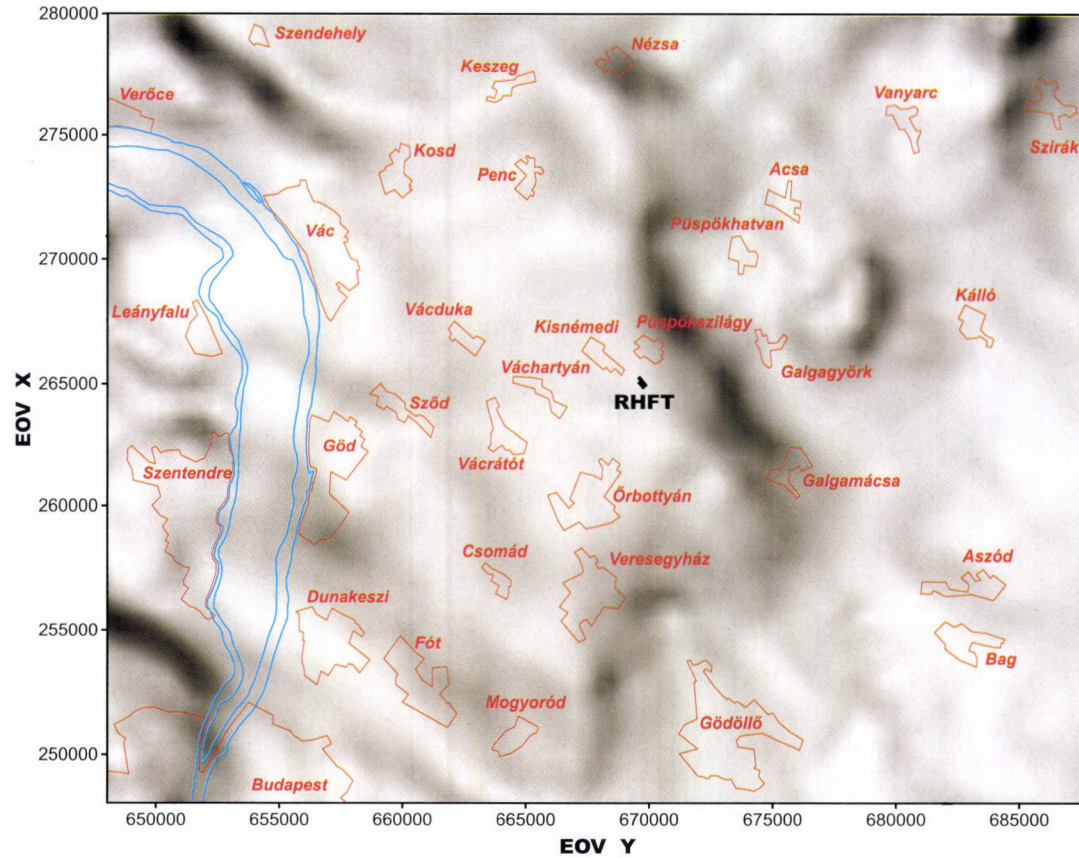
Gravitációs anomáliák segítségével az eltérő sűrűségű közzetek (hatók) gravitációs hatásának eredőjeként létrejövő gravitációs tér laterális megváltozását követhetjük. Pozitív anomáliák tömegtöbbletet, negatív anomáliák pedig tömeghiányt jeleznek. A Pannon-medence nagy részén jól használható „szabály” szerint a medence területeken általában negatív, kiemelt aljzatú vidékeken pozitív anomáliákat tapasztalunk. A rendelkezésre álló gravitációs adatbázis lokális törések azonosítására és követésére általában nem alkalmas. Az elsőrendű, a medencealjzatot is elvető vagy erősen eltérő sűrűségű összleteket elválasztó törések viszont jól látszanak.

A fentieknek megfelelően, az aljzatmélység (2.5. ábra) és a Bouguer-anomáliák eloszlása szoros kapcsolatot mutat. Kiemelt helyzetben van, így pozitív anomáliájú a Budai- és Visegrádi-hegység, a Naszály–Csövár vonulat, a szödgödi aljzatmagaslat, az őrbottyáni terület és a telephely szűkebb környezete. K-ebbre, a Galga völgyénél az aljzat gyors ütemben süllyed, az anomália értékek a Zagyva-árok irányában egyre negatívabbak. A hirtelen váltás a gradiens térképen is jól követhető Nézsától egészen Galgamácsáig. Onnan követve az aljzatmorfológia lefutását Ny-ra, Veresegyház felé lép és ÉÉNy-DDK-i csapásúvá válik. Értelmezésünk szerint – a szeizmikus anyaggal összhangban – ebben a zónában egy fontos vetőzóna húzódik, amely a középső miocén – pliocén (kvarter?) medencefejlődés során játszott fontos szerepet. Budapesttől É-ra egy ÉNy-DK-i csapású, negatív gravitációs anomáliával jelentkező vonulat látszik, amelynek mindkét pereme azonosítható a gradiens térképen. A DNy-i perem a Pilis-vonal közvetlen folytatásaként, az ÉK-i határ pedig a gödi aljzatmagaslat D-i lejtőreseként értelmezhető. Szödtől É-ra az aljzat ismét lezökken (Duna-96/11 szeizmikus szelvény), kialakítva a gravitációs anomália képen látható váci öblözetet. Ettől É-ra, a Naszály D-i oldalán Kosdig határozott sűrűségugrás mutatkozik, amely a triász aljzat viszonylag gyors DDNy-i lezökkenését valószínűsíti. Ez a zóna a morfológiai képen is látszik és az előzőekben bemutatott Cserhát–Mátra vonallal (Síkhegyi F. 2000) korrelálható.

2.3.6. Geotermikus adatok

A püspökszilágyi RHFT környezetének mélyhőmérsékleti jellemzésére a 60 °C izoterma tengerszinttől számított geotermikus mélységtérképét szerkesztettük meg. A térkép az 1980–1992 évek során az ELTE Geofizikai Tanszéken kialakított geotermikus adatbázis alapján készült. A térképszerkesztés folyamán a hőmérsékletadatokat a mérési körülmények szerint minőségileg osztályozva vettük figyelembe. A mélységmenti interpoláció, ill. extrapoláció, vagy a rétegtörés ismeretében becsült, vagy néhány kivételes esetben, a magmintákon mért hővezetőképességek alapján történt. Az adatbázisnak, valamint a térképszerkesztés elvi menetének részletes leírása DÖVÉNYI P. és HORVÁTH F. (1988), DÖVÉNYI P. és társai (1992), valamint DÖVÉNYI P. (1994) munkáiban található meg.

A területről korrekt hőáram térképet nem lehetett szerkeszteni, mert csak egyetlen fúrásban történt hőáram mérés (Szentendre). Így a hőáram viszonyokat egy megfelelő módon kiválasztott hőmérséklettérkép hivatott tükrözni. A 60 °C izotermát már elegendően ma-



2.15. ábra. A Bouguer-anomália laterális változása (horizontális gradiense) az RHFT tágabb környezetében. A szürke színezés a horizontális gradiens abszolút értékével arányos, a gradiens iránya nincs jelezve

gas hőmérsékletnek, ill. nagy mélységnek tekinthetjük ahhoz, hogy a regionális termikus trendet tükrözze, azaz, hogy a mélységi hőáram viszonyokat jól közelítse. Mivel a terület az ország geotermikus adatban egyik legszegényebb vidéke, a térkép viszonylag kevés megfelelően nagy mélységben mért és elfogadható pontosságú hőmérsékletmérés alapján készült.

A telephely az országos átlagnál valamivel alacsonyabb mélyhőmérsékletekkel, tehát hőárammal jellemezhető. A terület legnagyobb részén a 60 °C izoterma legalább 1000 m-rel a tengerszint alatt található. Jellegzetes negatív (hideg) anomália mutatkozik ÉK-en, Csővár közelében. Az anomália kiterjedése a kevés adat miatt pontosan nem határozható meg. Az anomália oka nagy valószínűséggel a tektonikusan a felszínre bukkanó triász rögökhöz kapcsolódó konvekciós hatásban keresendő. Középhegységeink jelentős részén többé-kevésbé karsztosodott karbonátos képződmények találhatók a felszínen vagy annak közelében. Ezek a legintenzívebb mélybeli vízmozgások kiindulási területei. A leszivárgó (karszt)vizek nagy területre kiterjedő, erős hűtőhatása általában jól tükröződik a geotermikus térképeken. Erősítheti a jelenséget az a tény, hogy a mészkövek és kiváltképp a dolomitok jó hővezetők.

A Csővári-rögtől a Duna felé közeledve a mélyhőmérsékletek emelkednek, aminek fő oka valószínűleg szintén a regionális vízáramlási rendszerben keresendő. A hegylábak felé haladva ugyanis a konvekció iránya megváltozik és a nagy mélységekbe leszivárgott és ott felmelegedett víz újra a felszín közelébe emelkedik. Itt azután átlép a laza törmelékes üledékek rétegvizeibe, vagy – ritkább esetben – hévforrásként a felszínre tör. A hegységek előterében és szélesebb völgyeiben mutatkozó pozitív anomáliáknak nagy részben ez az oka. Mindebben szerepet játszik még a nagyobb vastagságban jelen lévő, gyenge hővezető-képességű paleogén üledékek hatása is.

2.4. Az adatrendszerek integrálása

Ebben a fejezetben bemutatjuk a földtani és geofizikai adatrendszerek integrálásával szerkesztett tektonikai térképeket. Az előző fejezetben ismertetett információk feldolgozása során két térképi kivágaton dolgoztunk. A következőkben leírt regionális tektonikai térkép az RHFT tágabb környezetét ábrázolja. A telephely közvetlen környezetére külön térképet szerkesztettünk, amely főleg a szeizmikus szelvényeken azonosítható szerkezeteket és azok egységes szemléletű értelmezését tünteti fel.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a területre az RHFT eddigi vizsgálatai, sőt a korábbi, teljesen más célú földtani kutatások során sem készült ilyen részletességű tektonikai térkép. A terület neo- vagy szeizmotektonikai stabilitásának megítélése szempontjából a törésvonalak térbeli elhelyezkedése viszont alapvető fontosságú. Kutatási eredményeink tehát alapvető bemenő paramétereket szolgáltathatnak a telephely stabilitására vonatkozó további részletesebb vizsgálatokhoz. Az azonosított szerkezeti elemek neotektonikai és/vagy jelenkori aktivitásának problémáját is elemeztük, a továbbra is nyitott kérdések tisztázásához szükséges vizsgálatokra pedig javaslatot teszünk.

2.4.1. Regionális tektonikai térkép

A regionális tektonikai térkép szerkesztéséhez a szeizmikus szelvényeken azonosított vetőket, a földtani térképen feltüntetett töréseket és a képződmények térbeli elterjedését (még: fúrások), a BOUGUER-anomáliák horizontális gradiens térképén látható jelentősebb lineamenseket, az andezit telérek elhelyezkedését és a megfigyelt markánsabb morfológiai elemeket használtuk fel. Ezeket az információkat – az egységes értelmezést elősegítendő –

tüntettük fel a tektonikai térkép helyszínrajzán (2.16. ábra). A szeizmikus szelvényeken bejelölt szerkezeteket azok szelvény menti vertikális vetületénél jelöltük be a vetők korának megfelelő színekkel. Gyakori, hogy a szelvényeken a legfelső 100 vagy 200 msec TWT tartományban nem volt észlelés (vagy nincs megjelenítve); ekkor a törések felszíni vetülete bizonytalanabb. A nyílak a szelvénymenti elvetés irányát mutatják, a nagyobb jelek a fő- vagy mestervetőket jelölik. A tektonikai térképen (2.17. ábra) rögtön szembetűnő két, különböző irányú vetőpopuláció dominanciája.

Megjegyzendő, hogy a kapott szerkezeti kép objektív alapokon (adatokon) nyugszik, de koncepcionális elemeket is tükröz. Mivel a szeizmikus szelvények értelmezése és különösen az azonosított szerkezetek korrelációja, valamint laterális továbbvezetése bizonyos mértékig szubjektív, a terület fejlődéstörténetét legalább alapjaiban ismernünk kell. Ehhez nyújt fontos segítséget a telephely tágabb környezete paleofeszültség terének, valamint a vetőkinematika időbeli alakulása. Szerencsére ilyen adattal bőségesen rendelkezünk, bár a negyedidőszaki kép még meglehetősen bizonytalan. Az adatokból egyértelműen kiderül, hogy a neogén-kvarter időszakra a területen két, egymástól jól elkülönülő tektonikai fázis és vetőpopuláció rekonstruálható. A korai miocéntől a középső bádeniig a maximális főfeszültség (σ_1) iránya ÉÉNy–DDK-i volt. Ez a feszültségtér főképp ÉNy–DK-i normálvetőket és jobbos eltolódásokat (transztenzió) aktivált (CSONTOS, L. 1995; BADA, G. 1999; FODOR, L. és társai, 1999). Ez a feszültségirány egyébként hasonlít a korábbi, paleogén irányokra, azzal a különbséggel, hogy a tektonikai stílus akkor inkább kompresszív (transzpresszió) volt (FODOR, L. és társai, 1999). Emiatt úgy ítéljük meg, hogy a regionális tektonikai térképen (2.17. ábra) zölddel rajzolt szerkezeti elemek java része már a korai miocén során aktív volt (l. még FODOR, L. és társai munkáját a Budai-hegységről).

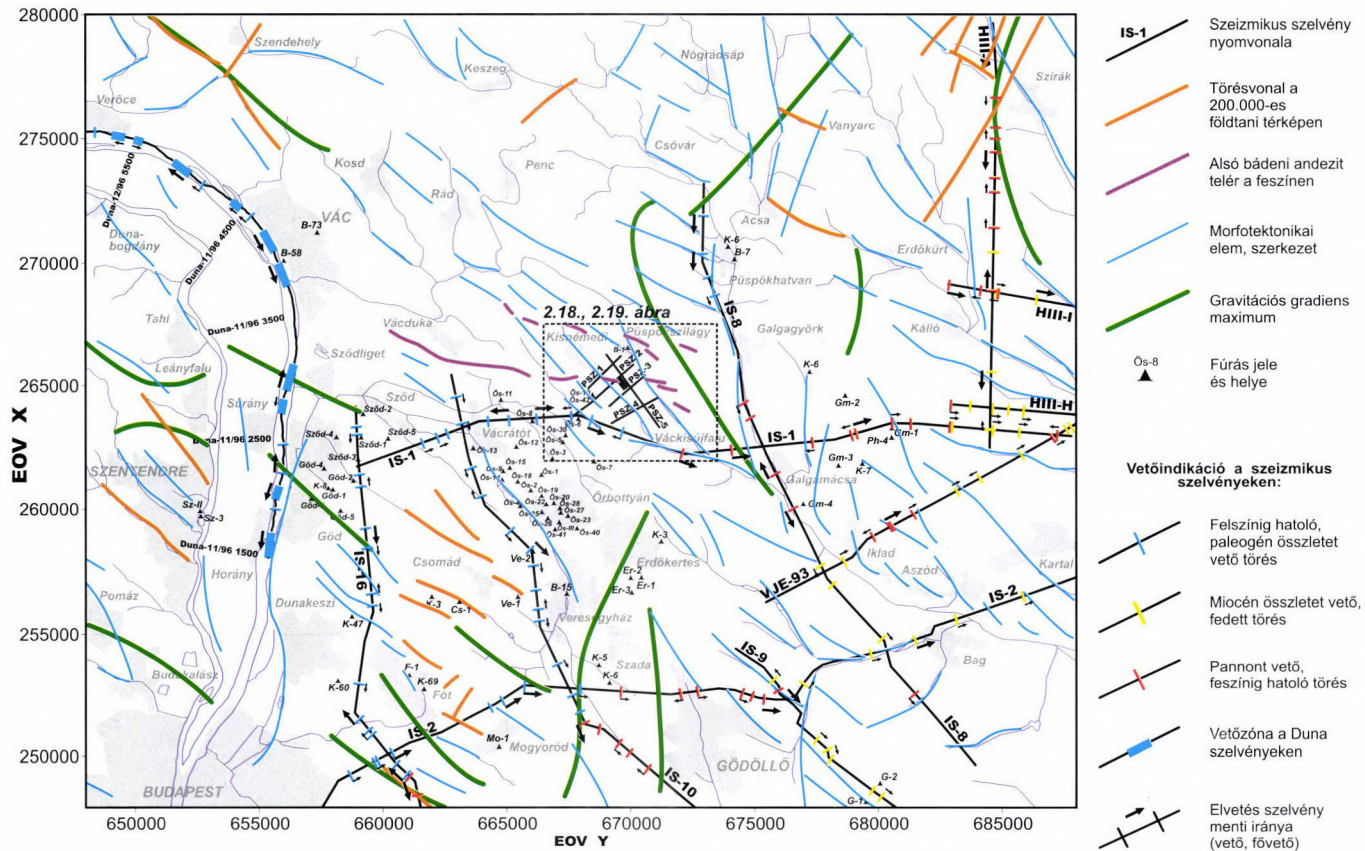
A másik fő fázis a középső miocén végén jelentkezik először. A feszültségirányok az óramutató járásával megegyező módon mintegy 50–80°-kal elfordultak és ekkor az előző töréspopulációra egy nagyjából merőleges vetőrendszer jött létre (piros és sárga vetők a 2.17. ábrán). Jórészt ezek a transztenziós jellegű szerkezetek (eltolódások és normálvetők kombinációja) tehetők felelőssé a terület D-i és K-i részén megfigyelt nagymértékű extenzióért és az aljzat néhol 3 km-t is meghaladó megsüllyedéseért.

A főfeszültségek iránya a bádeni végétől kezdődően a negyedidőszakkal bezáróan meglehetősen stabil maradt, amit igazol a tény, hogy az utóbbi vetőpopuláció töréseinek egy jelentős része a szeizmikus szelvényeken látott legfiatalabb (pliocén) képződményeket is elveti.

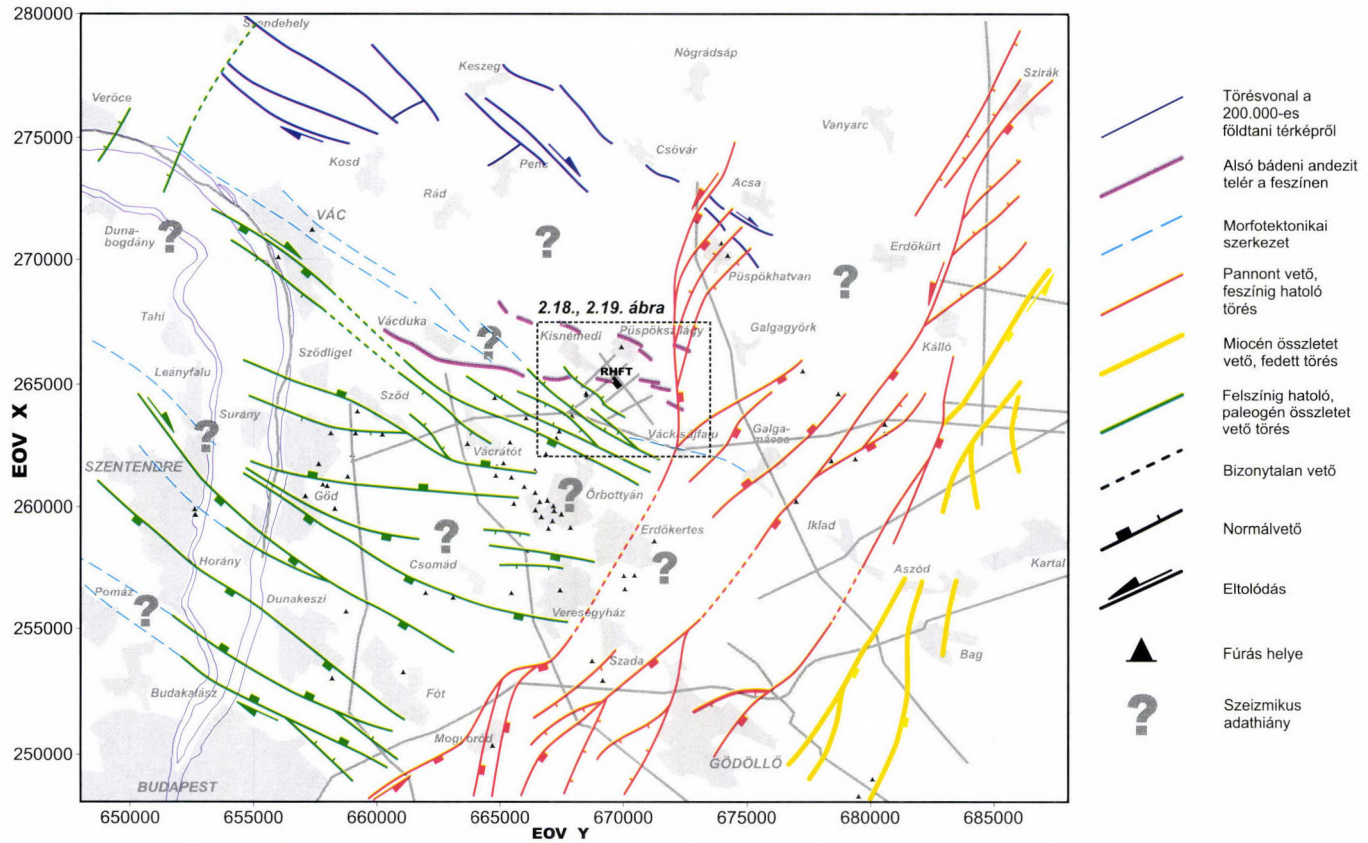
A két eltérő szerkezeti fázis meglétét valószínűsíti a gravitációs anomália kép is (2.15. ábra), amiből kiderül, hogy az aljzat a telephelytől D-re és K-re főleg É–D-i és ÉK–DNy-i csapású vetők mentén zökken le. A Budapesttől É-ra, Szentendre és Mogyoród között látható kisebb medence viszont erre merőleges csapású, így előbbi idősebbnek tartjuk.

Általában is elmondható, hogy a kiemelt aljzatú területeken (pozitív BOUGUER-anomália, l. még 2.5. ábra) az ÉNy–DK-i, a süllyedékekben pedig az É–D-i és ÉK–DNy-i irányú szerkezetek dominálnak, amelyek közül az utóbbiak – véleményünk szerint – rendre később alakultak ki. Ugyanezt a képet sugallják a földtani térképen megjelenített szerkezeti elemek is: a Sziráktól DNy-i irányban húzódó törérendszer a pliocén képződményeket is elveti. Innen ÉK-re (Alsótold, Garáb) ugyanez a vetőpopuláció a pleisztocén rétegeket is deformálja.

A regionális tektonikai térkép tehát alapvetően két eltérő szerkezeti stílusú területre bontható. Az Acsa–Váckisújfalu–Veresegyház–Mogyoród vonaltól Ny-ra az idősebb, attól K-re pedig a fiatalabb szerkezetalakulás nyomai tanulmányozhatók jobban. A két terület közötti átmeneti zónáról sajnos kevés az információnk főleg a szeizmikus szelvények viszonylag csekély száma miatt. Ugyanezen ok miatt mindkét területen csak a térségre jellemző csapású, biz-



2.16. ábra. Az RHFT regionális tektonikai térképének kompilációjához felhasznált földtani geofizikai információk helyszínrajza



2.17. ábra. Az RHFT tágabb környezetének regionális tektonikai térképe

együtt tosan azonosított vetőket tüntettük fel. Nincs okunk feltételezni ezen szerkezetek kizárólagos voltát, a rendelkezésünkre álló adatok a tektonikai kép további finomítását azonban nem teszik lehetővé. A térkép egy adott szerkezetföldtani koncepció jegyében született és számos egyszerűsítést tartalmaz. A fő hangsúlyt tehát a szerkezeti stílus jellemzésére és a markáns vetőzónák minél pontosabb kijelölésére helyeztük. Ezt a feladatot sikeresen megoldottuk: az eredmény a területről elsőként elkészült részletes tektonikai térkép, amelyen már több, eddig ismert vető(zóna) szerkezeti kapcsolatait sikerült tisztázni. Ilyen pl. a Pilis-törés DNy-i irányú folytatása és a szödi és gödi aljzatmagaslatok peremtöréseinek meghatározása.

A szerkezeti elemek eredetének és geometriájának tisztázásán túlmenően azok neotektonikus aktivitását is megvizsgáltuk. Az elemzést a pleisztocén és holocén üledékek elterjedési és vastagsági viszonyai, valamint gyenge feltártságuk rendkívül megnehezíti. A stabilitás szempontjából szerencsés, hogy a terület szeizmicitását tekintve gyengén aktív. Azonban ez a tény a szeizmoaktív vetők kijelölését gyakorlatilag lehetetlenné teszi. A munka során kiderült pl. az is, hogy a topográfiai lineamentumok jelentős része tektonikus eredetű. Ezek recens aktivitását azonban bizonyítani és cáfolni sem lehetett. A Galga hátravágódó, eróziós völgyét – amely a tárolótól mintegy 3 km-re húzódik – egyértelműen tektonikusan preformálnak tekintjük.

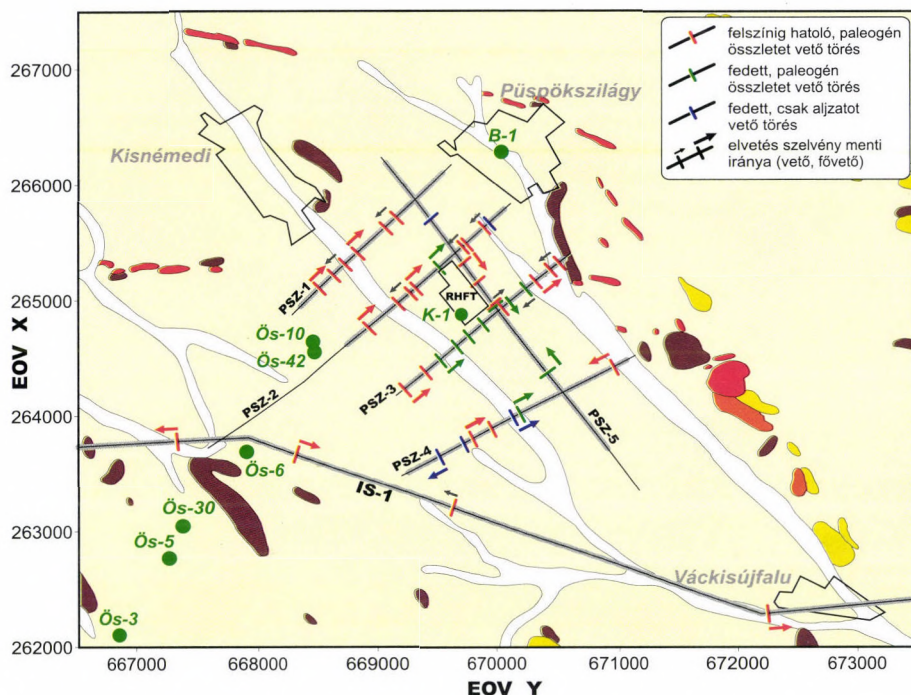
A környék emelkedését, ill. a folyó bevágódását – a Dunához hasonlóan – a pleisztocén terasz szintek meggyőzően bizonyítják. A szeizmikus szelvények alapján ezt a szerkezetet egészen fiatalnak tekintjük, hiszen a völgyet preformáló törések java része a pliocén összletet is elveti. Egy másik figyelemre méltó zóna a Váctól DK-re húzódó szerkezeti pászta, amelynek valószínűsíthető a negyedidőszaki aktivitása.

A SIKHEGYI F. (2000) által Cserhát–Mátra vonalnak nevezett öv morfológiaiilag markáns képet mutat, a zóna mentén a futóhomok és löszösszlet éles határral érintkezik. Ez az ÉNy–DK-i csapású határ Váctól Vácdukáig, azaz mintegy 10–15 km-en keresztül jól követhető. A területre eső földrengések epicentrumainak egy része is itt csoportosul. DNy felé tovább haladva a meglehetősen komplex geometriájú szerkezeti öv a telephely közelében eléri Némedi-patakot, majd Galgamácsánál a Galgát. A Galga folyásiránya ettől a ponttól a szerkezeti pászta csapásirányába fordul, azaz DK-ivé válik. Mivel a zóna az RHFT közvetlen közelében halad, a szerkezeti öv további vizsgálata feltétlenül indokolt.

2.4.2. A telephely szűkebb környezetének tektonikai térképe

A telephely szűkebb környezete tektonikai térképének megszerkesztéséhez alapvetően az ELGI által mért, PSZ jelű és az IS-1 jelű szeizmikus szelvényeket használtuk fel (2.18. ábra). A szerkesztéshez a regionális tektonikai térképről átvett szerkezeti elemek lefutása jelentette az alapot. Az elemzést számos mélyebb (pl. Ös-6, Ös-10, Ös-42) és sekélyebb (a tároló közelében mélyített) földtani fúrás, valamint az ELGI által elvégzett egyéb (geoelektromos és mágneses) geofizikai vizsgálatok segítették.

A pontos szerkezeti kép megrajzolását igen megnehezítette a tény, hogy a PSZ jelű szelvényeken a 180 msec feletti tértartomány nincs leképezve (2.7.–2.11. ábrák). A felszínközeli szeizmikus adathiány problémájának egyik lehetséges megoldása az azonosított törések felszínre történő vetítése. Ebben a méretarányban azonban ez komoly pontatlansághoz vezethet, így ezt a módszert elvetettük. Ehelyett a vetők lefutását a 180 msec kétutas menetidőhöz tartozó referencia-mélység szintre szerkesztettük meg. Ez a szeizmikus sebességtér



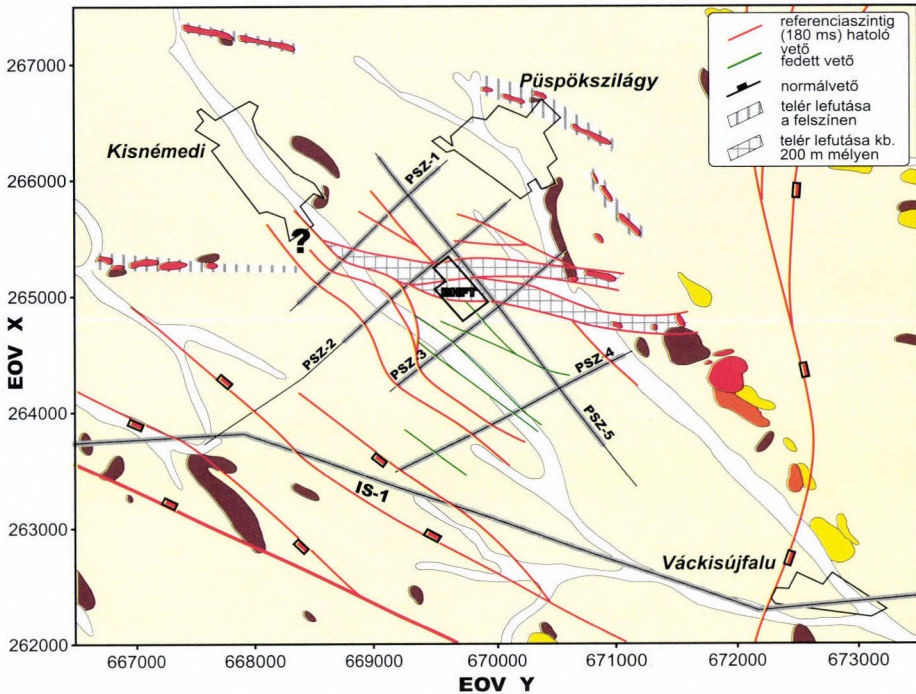
2.18. ábra. Az RHFT szűkebb környezete tektonikai térképének kompilációjához felhasznált földtani és geofizikai információk helyszínrajza

laterális inhomogenitásai miatt szintén okozhat pontatlanságokat, ami azonban véleményünk szerint lényegesen kisebb az előbbi eljárás során várhatóknál.

A szűkebb környezetre vonatkozó térkép (2.19. ábra) tehát nem a vetők felszíni, hanem a kb. 200 m-es mélység szintre vonatkoztatott helyzetét ábrázolja. Megítélésünk szerint a rendelkezésünkre álló adatok csak egy ilyen térkép megszerkesztését teszik lehetővé szakmailag korrekt módon. A vetők szelvény menti elhelyezkedése és az elvetések iránya (áldó-lás) a regionális térkép helyszínrajzában (2.16. ábra) alkalmazott módon került megjelenítésre (2.18. ábra).

A térképen három fontosabb vetőzónát tüntettünk fel. Idősebb, fedett törés viszonylag kevés látszik (zöld vonalak). Ezek főleg a PSZ-3 és PSZ-4 jelű szelvényeken látszanak, irányukat tekintve valószínűleg ÉNy–DK-i lefutásúak. A vetők többsége eléri a szelvény legfelső részét, így ezek külön színnel kerültek megjelenítése (piros vonalak). Az egyik ilyen vetőzóna a PSZ-2–PSZ-4 szelvények DNy-i vége közelében halad nagyjából ÉNy–DK-i csapással. Ezt a szerkezetet az ELGI-s szakemberek is azonosították (KOPÁCSVÖLGYI S. és társai, 1993). A változó, 100–500 m széles pászta (virágszerkezet) nagyjából a Némedi-völgy lefutását követi, ami a völgy tektonikus preformáltságát sugallja. Ezt azonban felszíni, terepi megfigyelés még nem igazolta.

Mindenestre valószínűsíthető, hogy ez a vetőzóna a regionális tektonikai térképen bejelölt ÉNy–DK-i csapású törésvonalakkal mutat szerkezeti rokonságot, amelyek közül többen



2.19. ábra. Az RHFT szűkebb környezetének tektonikai térképe

völgyek tengelyében követhetők. A törési övnek és a Vác és Galgamácsa között húzódó szerkezeti zónának (Cserhát–Mátra vonal – SÍKHEGYI F. 2000) a kapcsolata csak további vizsgálatok segítségével lesz tisztázható. Elképzelhető, hogy a Némedi- és a Szilágyi-patak völgye is tektonikusan preformált, de recens aktivitásuk nem bizonyítható. A meglehetősen lineáris lefutású völgyek csapása mintegy 20° -ot zár be a Cserhát–Mátra vonallal, ami szerkezeti szempontból Riedel-) törések lennének értelmezhetők.

A harmadik vetőzóna közvetlenül a telephely alatt, az andezit telérek csapásvonalában (K–Ny) halad (2.19. ábra). A szelvényeken mint virágszerkezet jelentkezik, általában ÉK-i (ál)dőléssel. É-i dőlésirányt valószínűsít az a tény is, hogy amíg az RHFT DNy-i oldala mentén lemélyített K-1 sz. fúrásban kb. 25 m mélyen fúrtak andezitet, addig a telér vetőzónája a tároló É-i részén már kb. 200 m-es mélységben halad.

A K-1 sz. fúrásban egyébként kiderült, hogy a telér a fedőjével (Szécsényi Slír Formáció) tektonikusan érintkezik (JÁMBOR Á. 2000). A kb. 3 m vastag zúzott zóna lefelé egyre meredekebb dőlésű ($45\text{--}70^\circ$), alsó határát fúrták. Az andezit alatt Kiscelli Agvag Formáció következik, ami szintén tektonikus mozgásokra utal. Emiatt az andezit telér és a vetőzóna szerkezeti összekapcsolása feltétlenül indokolt volt. Elképzelhető, hogy a telér zónája a telephely alatt két részre bomlik, ami magyarázhatja a Szilágyi-patak K-i oldalán megjelenő két (?) telérrel való jelenlétét. Ezt az értelmezést megerősítik a tároló körzetében elvégzett mágneses mérések eredményei is (KOPÁCSVÖLGYI S. és társai, 1993).

A telephelytől K-re két, nagyjából párhuzamos irányú mágneses anomália látszik, Ny-ra viszont csak egy. Az anomáliák lefutása a tektonikai térképen bejelölt telér zónákhoz teljesen hasonló. Felhívjuk még a figyelmet arra, hogy a földtani térképről digitalizált és a szeizmikus szelvények alapján szerkesztett telér zónák Kisnémedi közelében egymáshoz képest elvannak csúszva (2.19. ábra). Ez a látszólagos elvetés valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a szelvények alapján szerkesztett telér zóna mintegy 200 m-es mélységben helyezkedik el.

Meggyőződésünk, hogy az esetleges további tektonikai vizsgálatok egyik kardinális feladata a képződményeket egészen a felszínig leképző, nagyfelbontású szeizmikus mérések elvégzése. Ennek segítségével – összhangban a már meglévő fúrási adatbázissal – a negyedidőszaki összlet rétegtani felépítése és a törések pontos lefutása is megismerhetővé válna. A vetőket most csak kb. 200 m mélység alatt és csak az oligocén sorozaton belül tudjuk kijelölni. Emiatt az RHFT közelében a törések neotektonikai aktivitásának kérdése a jelenlegi adatbázisok alapján megválaszolhatatlan maradt.

2.5. Összefoglalás

1. A püspökszilágyi RHFT előzetes neotektonikai reambulációja során összegyűjtöttük a telephely közvetlen és tágabb környezetéből származó fontosabb geológiai, geofizikai és geodéziai adatokat. Az adatrendszereket egységesítettük, azonos vetületi rendszerbe helyeztük, azaz egy egységes adatbázist hoztunk létre. Az adatbázis a tároló jelenleg folyó biztonsági elemzéséhez és az esetleges további vizsgálatokhoz egyaránt szolid alapot nyújt.

2. Az adatrendszerek elemzése során a telephely szűkebb és tágabb környezetében számos tektonikus eredetű szerkezeti elemet jelöltünk ki. A tektonikai stílus elemzése és az azonosított szerkezetek geometriájának meghatározásával rekonstruáltuk a terület szerkezetfejlődésének főbb fázisait.

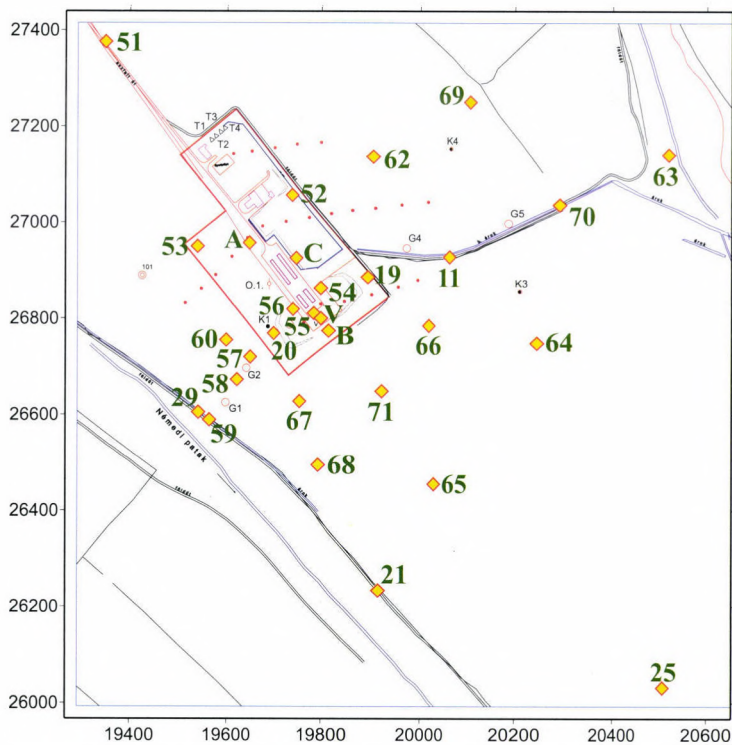
3. A tároló neotektonikus stabilitásának megítélése szempontjából kardinális fontosságú a tektonikai szerkezetek térbeli lefutásának pontos ismerete. A területről tektonikai térkép azonban eddig még nem készült. Emiatt szükséges volt megszerkeszteni a telephely közvetlen és tágabb környezetének tektonikai térképét, amit munkánk legfontosabb, hiánypótló eredményének tekintünk.

4. Az RHFT környezetében két főbb neogén-kvarter tektonikai fázist sikerült rekonstruálni. Már a korai miocénben aktív volt a terület Ny-i részein és a telephely közelében észlelt vetőpopuláció, amelyhez főleg ÉNy–DK-i csapású normálvetők és jobbos eltolódások tartoznak. Ehhez a populációhoz tartozik a Vác és Galgamácsa között húzódó szerkezeti pászta, amelynek neotektonikus aktivitása nem zárható ki, így az – a tároló közelsége miatt – feltétlenül tovább vizsgálendő. A telephelytől K-re és D-re ÉK–DNy-i csapású vetőzónák húzódnak gyakran a felszínig felhatoló virágszerkezetekkel és normálvetőkkel. A pleisztocén üledékek redukált vastagsága és gyenge feltártsági viszonyai a törések neotektonikai minősítését azonban rendkívül megnehezítik.

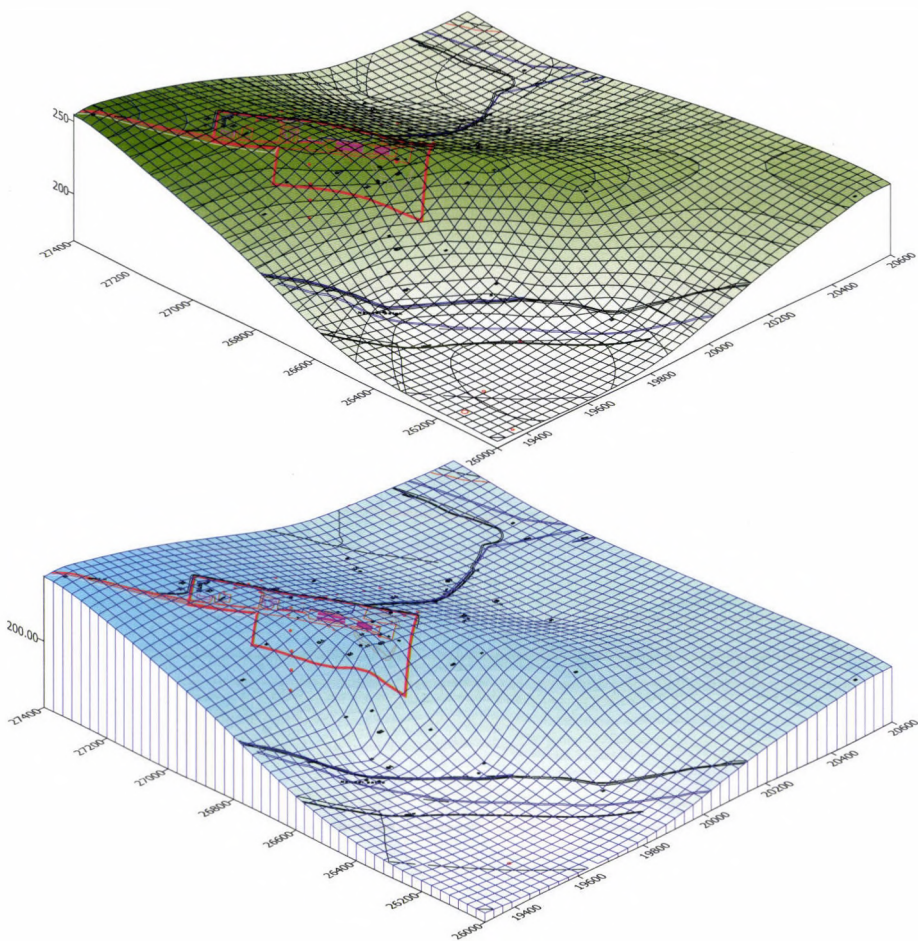
3. AZ RHFT KÖZVETLEN KÖRNYEZETÉNEK HIDROLÓGIAI VISZONYAI

3.1. A talajvízfelszín digitalizált térképe, talajvízmozgások a létesítmény közvetlen környezetében

A létesítmény és közvetlen környezete hidrológiai viszonyainak feltárásán belül az első részfeladat célja a talajvízfelszín digitalizált térképének megszerkesztése volt, majd ezt követte az így kapott térkép összevetése a domborzati viszonyokkal, végül a talajvízmozgás tanulmányozását kellett elvégezni a létesítmény közvetlen környezetében. A munka a tározó körül létesített 27 talajvízfigyelő és 4 ásott kútra terjedt ki, s 1997. január és 1999. július közötti időszakban a MÉLYÉPTERV által végzett havi vízszintméréseken alapult (3.1. ábra).



3.1. ábra. A vizsgált terület térképe és a kutak elhelyezkedése



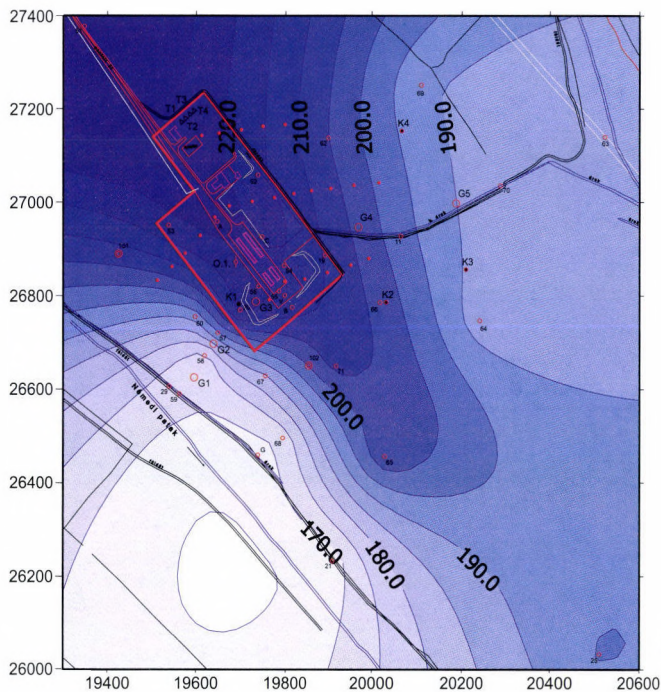
3.2. ábra. Az átlagos vízszintek térbeli alakulása és a felszín domborzati térképe

3.1.1. Digitalizált térképek

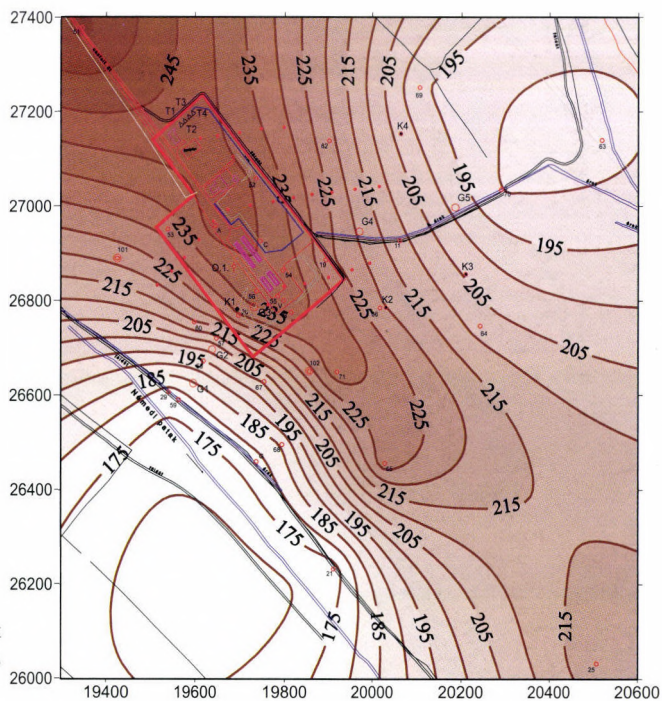
A munka első lépéseként számítógépre vittük a 31 kútra vonatkozó, kutanként 30 mérési adatból álló idősorokat. Ezt követően kiszámítottuk a kutakban a két és fél éves időtartamra vonatkozó maximális és minimális vízszintértékeket, az átlagos vízszinteket, majd az egyes kutakban észlelt vízmozgás mértékét. Ezeket az adatokat SURFER segítségével ábráztuk.

A 3.2. ábra az átlagos vízszintek térbeli alakulásának és a felszín domborzati térképének összehasonlítását mutatja. Első pillantásra látszik, hogy a vízfelszín alakulása tendenciájában követi a domborzati viszonyokat.

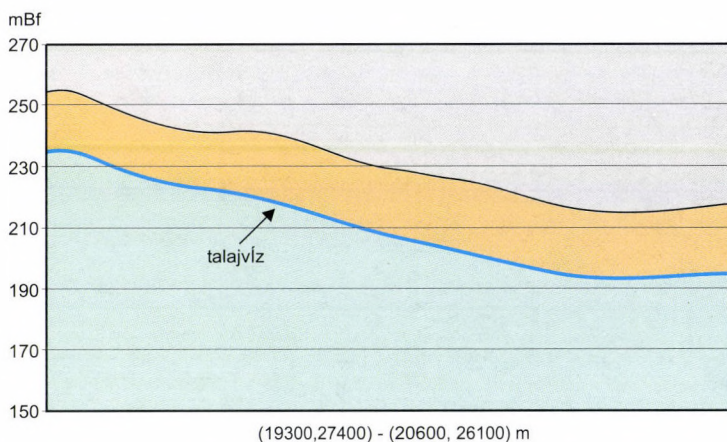
A 3.3. és 3.4. ábra a vízfelszint, ill. a domborzatot mutatja szintvonalakkal. Az ábrákról jól leolvasható, hogy a vízmélység erősen változó. A lerakó alatt a gerinccel párhuzamosan átlá-



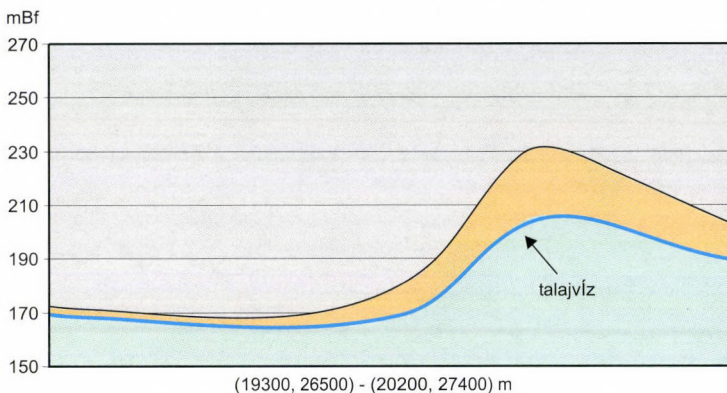
3.3. ábra. Átlagos talajvízszint a hulladékártározó környezetében, m



3.4. ábra. Domborzati viszonyok a létesítmény környezetében, szintvonalakkal (m)



3.5. ábra. Felszín – átlagos talajvízszint ÉNy–DK irányú metszeten

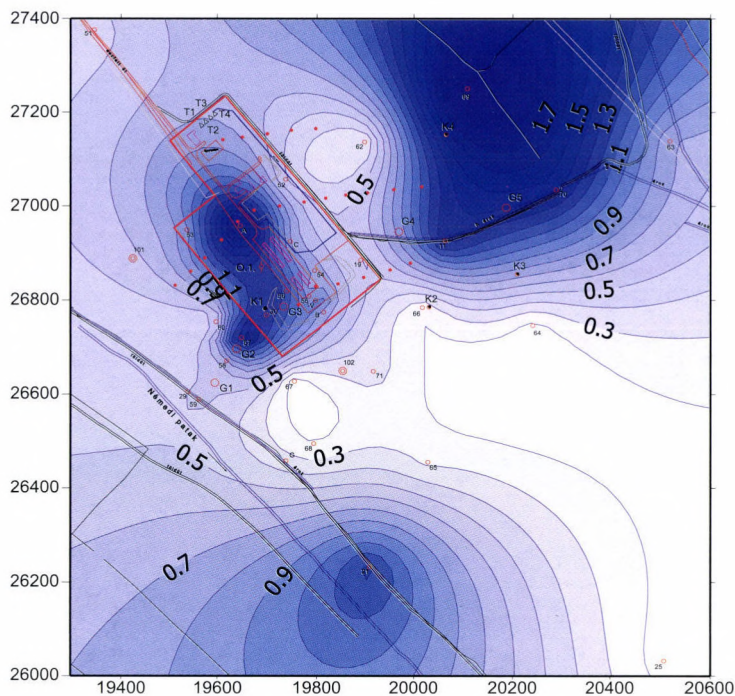


3.6. ábra. Felszín – átlagos talajvízszint DNy–ÉK irányú metszeten

gosan 25 m mélységben található a talajvíz (3.5. ábra, a terület ÉNy–DK irányú metszete), míg a gerinc két oldalán a patakok felé a vízmélység csökken, a patakok völgyében a talajvíz átlagosan 3–5 m-re a felszín alatt található (3.6. ábra, DNy–ÉK irányú metszet). (Megjegyzendő, hogy a metszetek csak a talajvíz felszínét ábrázolják, a vízréteg vastagságáról nem adnak felvilágosítást.)

3.1.2. Vízmozgás

A vizsgált terület 31 kútjának vízszíntingadozását tanulmányozva megállapítható volt, hogy a vizsgált két és fél éves periódus alatt egyes kutakban a vízszíntingadozás 1–2 m volt, míg másokban mindössze néhány cm. A 3.7. ábra a vízszíntingadozások térbeli eloszlását mutatja. A térképről jól látszik, hogy a nagy vízszíntváltásokat mutató kutak három csoportban helyezkednek el: a vizsgált terület ÉNy-i részén a Szilágyi-patak völgyében, a dombte-



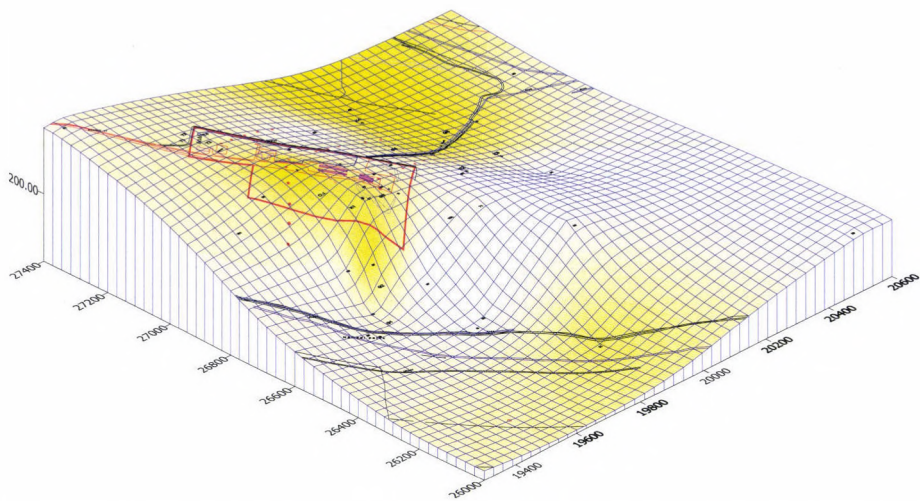
3.7. ábra. Az 1997. jan. és 1999. júl. között észlelt vízszíntingadozások térbeli eloszlása

tőn és a domb Némedi-patak felőli oldalán és a Némedi-patak völgyének DK-i részén. A legerősebb az ingadozás a Szilágyi-patak völgyében, ezt követi a dombtetőn és a domb Némedi-patak felőli oldalán lévő kutakban mért változás, végül a Némedi-patak közelében elhelyezkedő kutakban észlelt ingadozás.

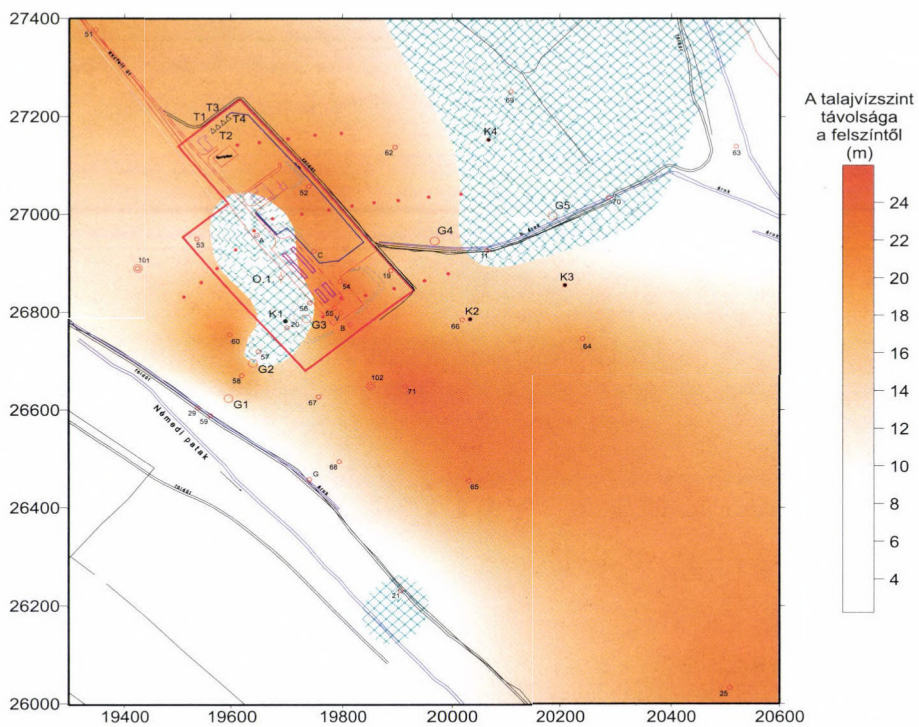
A Szilágyi-patak felőli oldalon a legerősebb vízmozgást a 69. sz. kútban észlelték (2,17 m), és jelentős vízszíntingadozást mutat a 11. és 70. sz. kút is (1,39 m, ill. 1,44 m). Ugyanakkor a patakhoz igen közel eső, ráadásul sekély mélységű (2,86 m a felszín alatt) 63. sz. kútban mindössze 70 cm volt az ingadozás.

A Némedi-patak völgyében, a patakhoz igen közel mélyített, sekély (kb. 5 m) 29. sz. és 59. sz. kutakban mindössze fél m-es változást észleltek, de a D-ebbre elhelyezkedő, szintén sekély (kb. 5 m) 21. sz. kútban már meghaladta a változás az 1 m-t (1,24 m. A még D-ebbi 25. sz. kút vízszintje gyakorlatilag állandó volt (0,15 m), igaz, ebben a kútban a vízmélység meghaladja a 23 m-t.

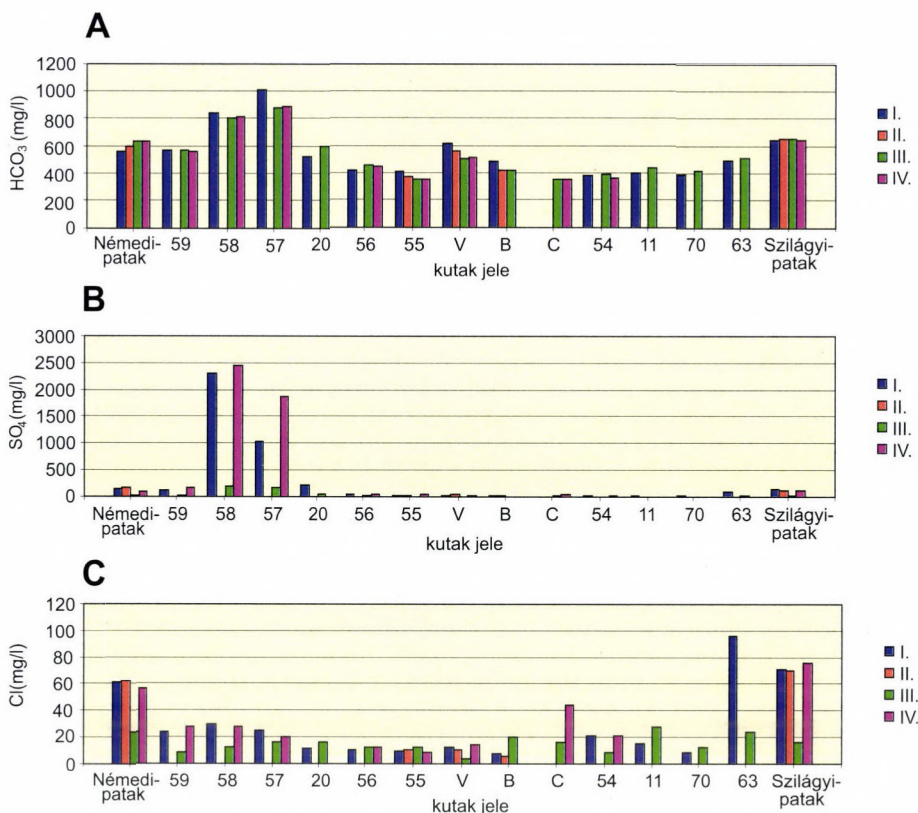
A dombtetőn és a domb Némedi-patak felőli oldalán mért ingadozások nagyok, különösen ha figyelembe vesszük a kutak mélységét: az A jelű ásott kútban az átlagos vízmagasság a terep alatt kb. 20 m mélységben van, ugyanakkor 1,9 m vízszíntingadozást mutatott a két és fél év alatt. Valamennyi kút közül ennek a kútnak a viselkedése a legszélsőségesebb: hónapokon át emelkedik a vízszintje, majd hirtelen 1 m-nél is többet esik, azután ismét kezdődik a fokozatos, bár meglehetősen gyors emelkedés.



3.8. ábra. Az átlagos vízszintértékek térbeli eloszlása és a vízszintingadozások



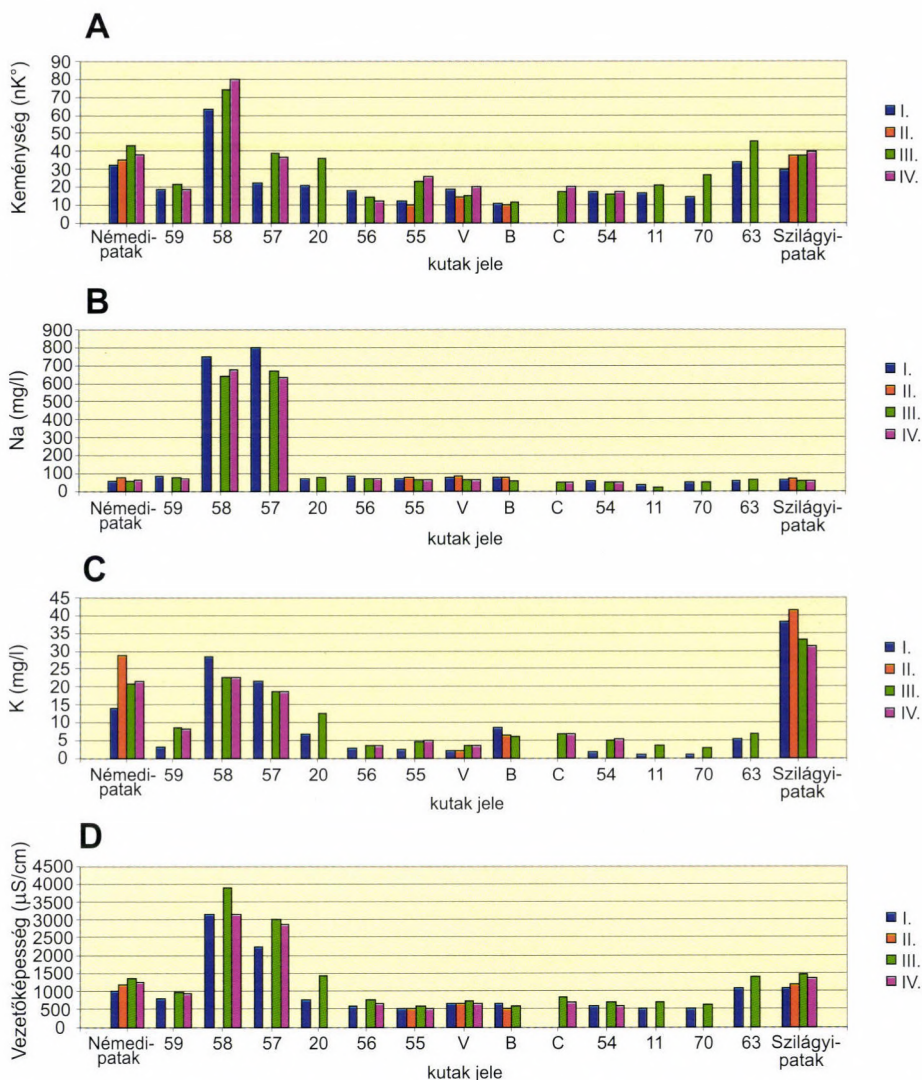
3.9. ábra. Az átlagos talajvíz mélységek és azok a területek, ahol a talajvíz szintjének változása meghaladta az 1 m-t



3.10a. ábra. Néhány vízkémiai jellemző a kutakban és patakokban. – A = a hidrogénkarbonát-tartalom; B = a szulfát-tartalom; C = a klorid-tartalom változása; I–IV = mintavételi időpontok

A közelben lévő kutak közül az 56. sz. (átlagos vízmélység kb. 21 m) és a 20 sz. (átlagos vízmélység kb. 13 m) vízszintje 1,24 m, ill. 1,26 m ingadozást mutat, a domboldalon lévő 57. sz. kútban (kb. 12 m talajvízmélység) pedig 1,61 m változott a vízszint. A V jelű kútban, amelyben a talajvíz 24 m mélyen van, 1,1 m ingadozást észleltek. 0,7 – 1 m közötti vízmozgás volt észlelhető a környező kutakban is (53., 54., 55. és 58. sz., ill. B, C jelű kutak).

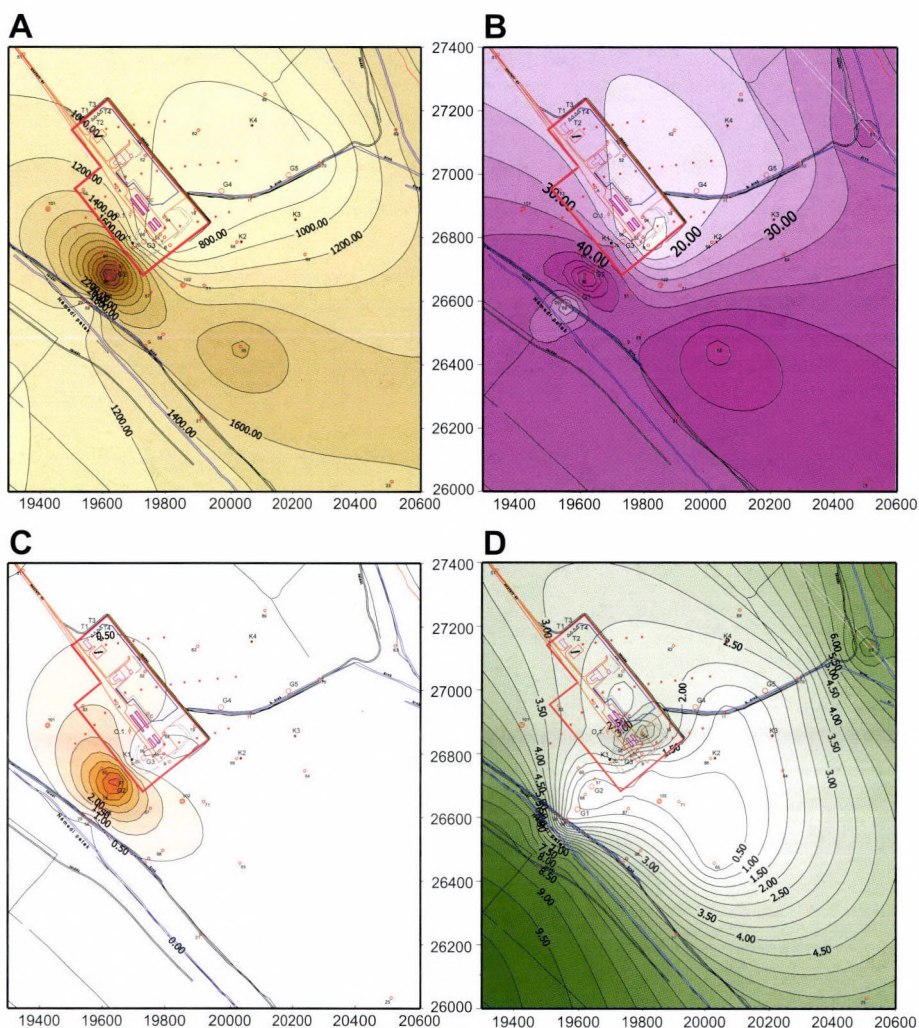
A 3.8. ábrán az átlagos vízszintértékek térbeli eloszlását ábrázoltuk a vízszintingadozások feltüntetésével, a 3.9. ábrán az átlagos talajvíz mélységek szerepelnek és feltüntettük azokat a területeket, ahol a talajvíz szintjének változása meghaladta az 1 m-t. Látható, hogy a patak völgyekben a kis talajvízmélységű kutakban jelentkezik nagyobb ingadozás (bár nem mindegyikben), a dombon és a domboldalon viszont a kutak többségében 20 m-nél mélyebben van a vízszint, de ingadozása összemérhető a sekély kutakban tapasztalt ingadozásokkal, sőt számos esetben meg is haladja. Ezt az ingadozást sem atmoszférikus hatással, sem a felszínről beszivárgó csapadékkal nem lehet magyarázni.



3.10b. ábra. További vízkémiai jellemző a kutakban és patakokban. – A = a keménység; B = a Na-tartalom; C = a K-tartalom; D = a vezető képesség változása; I–IV = mintavételi időpontok

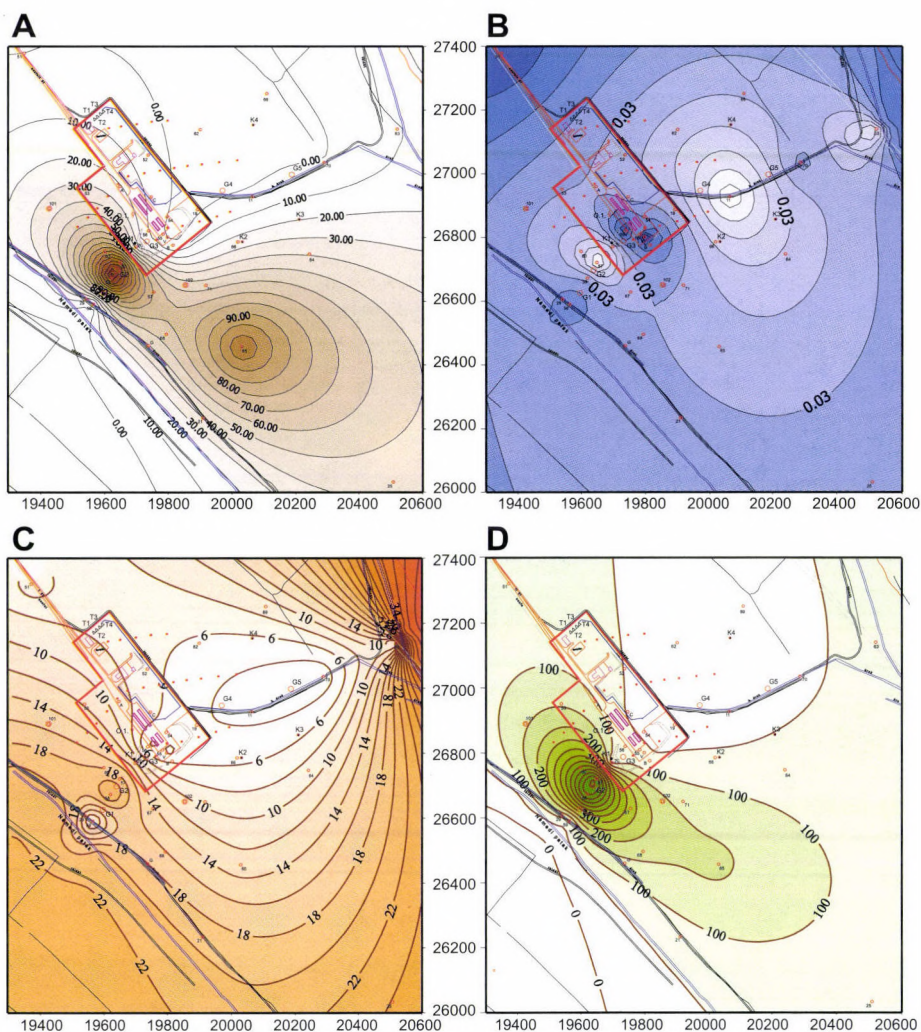
3.2. A vízkémiai vizsgálatok tapasztalatai

A figyelőkutak és patakok vizében ismételten vízkémiai vizsgálatokat hajtottunk végre. A vízmintavétel 4 időpontban (1998. aug. 17., 1998. okt. 27., 1999. júl. 28–29. és 1999. szept. 30.) történt. A 4 mérési sorozat eredményeit, azon belül néhány vízkémiai jellemzőt és változásukat külön is bemutatjuk (3.10a,b. ábrák).



3.11. ábra. A vezetőképesség (A), a keménység (B), az ammónia (C) és a nitrát (D) térbeli eloszlása az 1999. júl.-i mérések szerint

Az ábrákból kitűnik, hogy az 58. és 57. sz. kutak vezetőképessége, keménysége, szulfát-, ammónia- és nátriumtartalma kiugróan magas, ez a tendencia a mérési sorozatok alatt nem változott. Nem ilyen mértékű, de szintén az átlagnál magasabb vezetőképességet mutatott a 20. és 65. sz. kút vize is. Az 1999. júliusi méréssorozatból néhány vízkémiai jellemző térbeli eloszlását is megszerkesztettük (3.11. és 3.12. ábra).

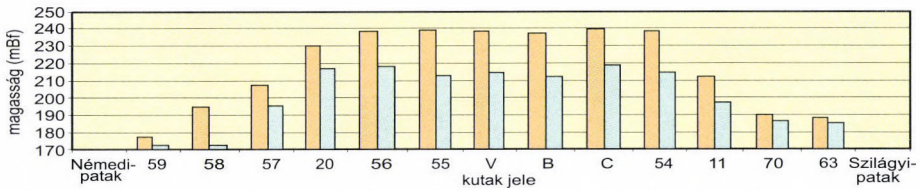


3.12. ábra. A szulfát (A), a foszfát (B), a kálium (C) és a nátrium (D) térbeli eloszlása az 1999. júl.-i mintázás alapján

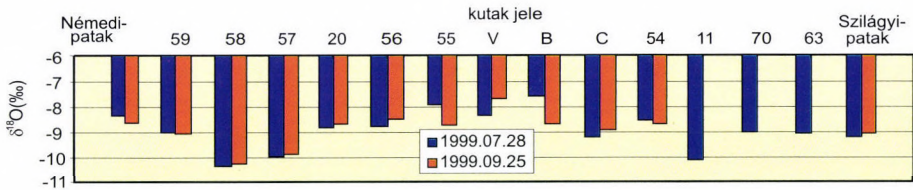
3.3. A stabilizotóp vizsgálatok eredményei

Az izotópanalitikai alapfogalmak és az alkalmazott mérés technikák áttekintésétől eltekintve a fejezetben a mérési eredmények rövid ismertetésére és szemléltetésére szorítkozunk.

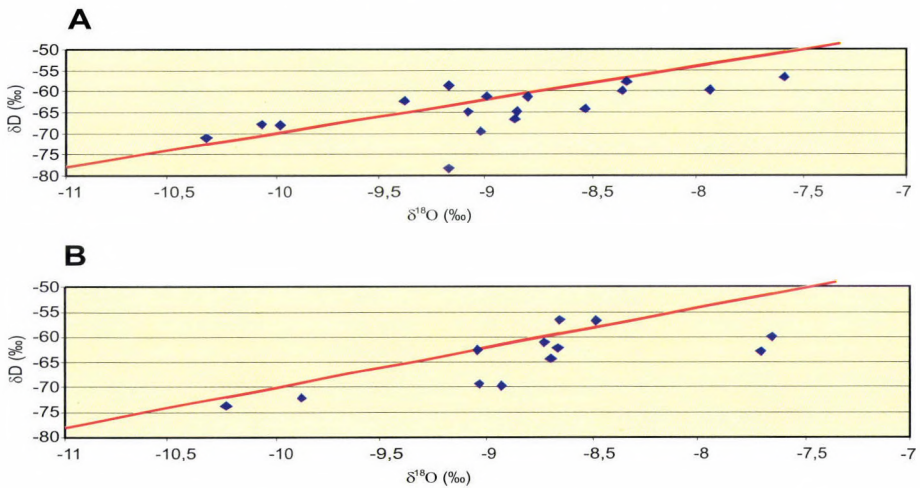
1999-ben két alkalommal (jún. 28. és szept. 25.) történt mintázás a püszpökszilágyi kutakban, valamint a Szilágyi- és a Némedi-patakokon.



3.13a. ábra. Átlagos vízszint és terepmagasság a mintázott kutak helyén



3.13b. ábra. A püspökszilágyi kutakban mért d¹⁸O értékek



3.14. ábra. Oxigén- és hidrogénizotóp-arányok a püspökszilágyi kutakban és patakokban és elhelyezkedésük a csapadékvonalhoz képest. – A = 1999. júl. 28; B = 1999. szept. 25.

A két mérési sorozatban mért oxigénizotóp arányokat a 3.13a,b. ábrán mutatjuk be. Az ábra felső részén ábrázoltuk a kutak helyén mért terepszinteket és a kutak átlagvízszintjét. A dombtetőn lévő kutak izotóparányai lényegesen pozitívabbak, mint a domboldalon fűrt kutaké. A legnegatívabb értéket az 58., 57. és 11. sz. kutakban észleltünk.

A 3.14. ábra az oxigén- és hidrogénizotóp arányok kapcsolatát mutatja az 1999. szeptemberi, ill. júliusi mérések alapján. Az ábrákon feltüntettük az ún. csapadékvonalat, amely mentén a csapadék eredetű vizek helyezkednek el. A kutak többsége a talajvizekre jellemző viselkedést mutat.

3.4. Radiokarbon koncentrációk és eloszlás

A talajvíz radiokarbon tartalmának meghatározására alkalmazott eljárások megfelelően kidolgozottak, ezek leírásával most nem foglalkozunk.

A légköri szén természetes ^{14}C aktivitása 100 pMC (percent modern carbon). Víz-mintákban a ^{14}C H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} formában van jelen. Amikor a vízminta ^{14}C aktivitáskonzentrációjáról beszélünk, akkor ezen a szervesen kötöttségben lévő szén ^{14}C aktivitását értjük, ezt fejezzük ki pMC-ben, azaz a természetes háttér %-ában. A talajvizek ^{14}C aktivitáskonzentrációját rendszerint 85% pMC érték körül mozog. Egy vízminta ^{14}C aktivitáskonzentrációját Bq/l-ben a vízben oldott szervesen kötöttségben lévő szén tartalmának ismeretében lehet megadni. Ha egy kút vizének hidrokarbonát tartalma 400mg/l, akkor a 100% pMC érték 17,3 mBq/l, míg 1000 mg/l hidrokarbonát tartalom esetén a 100% pMC 43,3 mBq/l ^{14}C aktivitáskonzentrációnak felel meg. A püspökszilágyi kutak vizének karbonát tartalmát a vízkémiai vizsgálatok során meghatároztuk, így a 3.15. ábrán aktivitáskonzentrációk területi eloszlását %-os értékekben ábrázoltuk.

3.1. táblázat. Püspökszilágyi kutakban mért ^{14}C aktivitáskonzentrációk és szénizotóp-arányok*

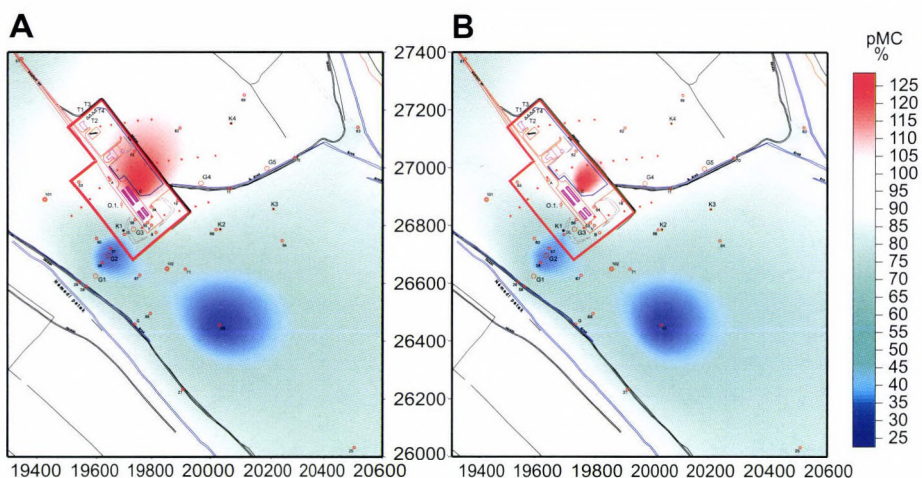
Minta	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$, ‰		^{14}C aktiv.konc. pMC, %		^{14}C aktiv.konc. mBq/l	
11 csőkút	-12,85	± 0,02	82,0	± 0,40	15,38	± 0,08
20 csőkút	-9,27	± 0,05	43,2	± 0,63	11,24	± 0,16
51 csőkút	-10,2	± 0,10	63,5	± 0,30	13,59	± 0,06
54 csőkút	-11,3	± 0,03	92,0	± 0,36	15,43	± 0,07
57 csőkút	-7,48	± 0,09	29,3	± 0,31	11,14	± 0,11
58 csőkút	-12,46	± 0,03	29,9	± 0,18	10,42	± 0,07
59 csőkút	-10,09	± 0,05	63,9	± 0,31	15,70	± 0,07
63 csőkút	-12,71	± 0,04	73,2	± 0,38	16,14	± 0,09
65 csőkút	-10,06	± 0,10	19,3	± 0,30	8,16	± 0,13
70 csőkút	-11,07	± 0,04	82,9	± 0,34	14,89	± 0,05
C ásott kút	-9,99	± 0,01	132,3	± 0,44	19,92	± 0,08

* Mintavétel ideje: 1999. 07. 28.

3.2. táblázat. Püspökszilágyi kutakban mért ^{14}C aktivitáskonzentrációk és szénizotóp-arányok*

Minta	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$, ‰		^{14}C aktiv.konc. pMC, %		^{14}C aktiv.konc. mBq/l	
20 csőkút	-11,15	± 0,03	38,5	± 0,27	10,02	± 0,07
51 csőkút	-10,03	± 0,09	65,5	± 0,35	14,01	± 0,07
54 csőkút	-10,88	± 0,08	90,0	± 0,34	14,14	± 0,05
55 csőkút	-11,44	± 0,04	80,1	± 0,22	12,16	± 0,03
56 csőkút	-9,63	± 0,06	63,2	± 0,36	12,35	± 0,07
57 csőkút	-12,22	± 0,03	36,0	± 0,31	13,88	± 0,12
58 csőkút	-8,93	± 0,04	30,6	± 0,18	10,83	± 0,06
59 csőkút	-10,6	± 0,03	64,8	± 0,37	15,58	± 0,09
63 csőkút	-12,99	± 0,04	73,6	± 0,33	16,23	± 0,07
70 csőkút	-11,34	± 0,14	83,3	± 0,22	14,96	± 0,04
C ásott kút	-9,84	± 0,03	104,4	± 0,37	15,72	± 0,06
Némedi patak	-13,82	± 0,07	98,6	± 0,37	27,6	± 0,20
Szilágyi patak	-12,87	± 0,06	96,1	± 0,35	28,1	± 0,50

* Mintavétel ideje: 1999. 09. 25.



3.15. ábra. A ^{14}C aktivitáskonzentráció júl-i (A), ill. szept-i (B) eloszlása

3.5. Trícium koncentrációk és eloszlás

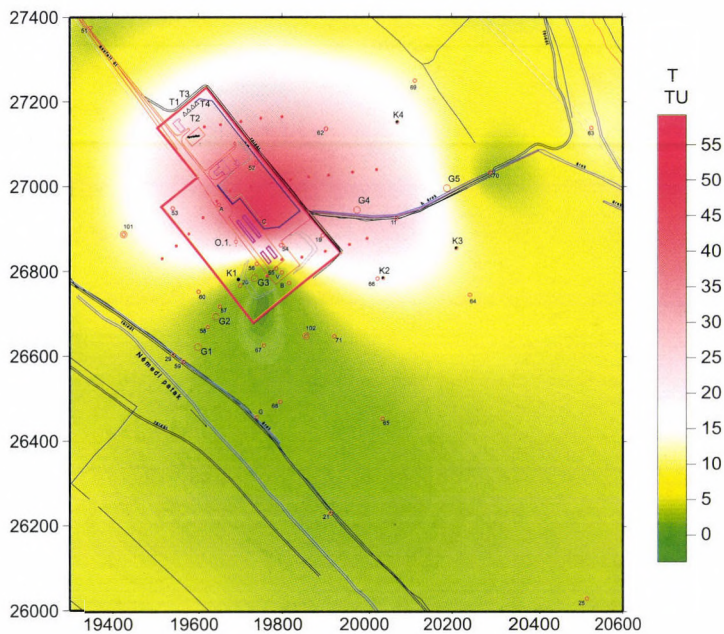
A püspökszilágyi kutak vizében a trícium koncentráció meghatározását $\text{T} - ^3\text{He}$ módszerrel végeztük. Az általunk megvalósított eljárás segítségével kb. 30 mTU (3 mBq/l) kimutathatósági határt sikerült elérni. (Az alkalmazott módszer részletes leírását most mellőzzük). A mérési eredményeket és a számított eloszlásokat a 3.16. ábra mutatja.

A trícium és a ^{14}C eloszlása nagyon hasonló. A 3.17. ábrán összehasonlítjuk a két izotóp egyes kutakban mért aktivitáskonzentrációit, szembevetve a két görbe hasonlósága.

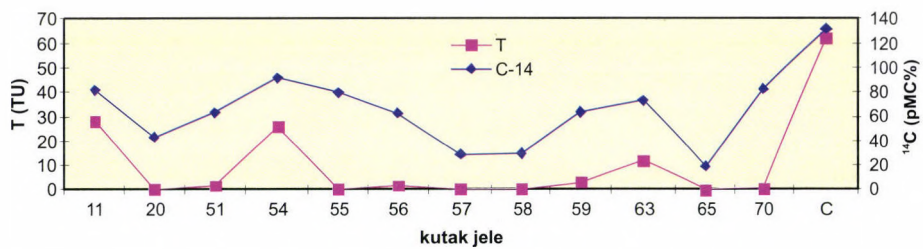
3.3. táblázat. Püspökszilágyi kutakból vett vízminták trícium koncentrációi*

Kút jele	T koncentráció, TU	
11 csökút	28,400	$\pm 1,100$
20 csökút	0,351	$\pm 0,019$
51 csökút	1,740	$\pm 0,050$
54 csökút	26,000	$\pm 0,500$
55 csökút	0,255	$\pm 0,029$
56 csökút	1,730	$\pm 0,050$
57 csökút	0,147	$\pm 0,016$
58 csökút	0,442	$\pm 0,024$
59 csökút	2,970	$\pm 0,090$
63 csökút	12,050	$\pm 0,400$
65 csökút	0,025	$\pm 0,016$
70 csökút	0,587	$\pm 0,026$
B ásott kút	0,913	$\pm 0,042$
C ásott kút	62,400	$\pm 2,800$
V csökút	0,436	$\pm 0,041$

*Mintavétel ideje: 1999. 07. 28.



3.16. ábra. A trícium eloszlása a talajvízben az 1999. júl-i mintázás alapján



3.17. ábra. ¹⁴C és trícium aktivitáskonzentrációk, 1999. júl.

4. A TALAJERÓZIÓS VIZSGÁLATOK TAPASZTALATAI

4.1. Kutatási célok és várható eredmények

A kutatás célja az RHFT területéről és a hozzá kapcsolódó környékről várható, erózióval lehordott hordalékanyag mennyiségének, a lehordás egységnyi értékének és időigényességének meghatározása volt. Mindezen adatok birtokában képet kaphatunk a terület lejtőinek erózió-veszélyeztetettségét illetően. A munkához alkalmazott módszerek:

a) Helyszíni állapotfelvételezésen alapuló talajtani és az ehhez kapcsolódó talajerosztás térképezés.

b) Talajerosztás modellezés

1. Az EPIC modell alkalmazása a területeken lehatárolt erótopokra, generált időjárási adatok alapján, hosszú távú (100–1000 év) szimuláció céljából.

2. Egyedi (extrém és gyakran előforduló) csapadékeseményekhez kötődő talajerosztás szimuláció a WEPP modell alkalmazásával.

c) Mesterséges esőztetéssel történő talajerosztás vizsgálatok, amelyek során a talajok víznyelő- és vízáteresztő-képességének mérésén kívül a különböző intenzitású esőterheléshez a talajelhordás mennyisége is hozzárendelhetővé vált.

A talajerosztás monitoringozása az MSZ 20133 szabványban leírt WISCHMEIER-SCHMIDT-féle parcella kiépítésével történik, ahol a természetes csapadékok okozta talajpusztulás és lefolyás mérését végezzük el.

A kutatás várható eredményeinek hasznosítása érdekében a munka kiterjed az alábbi feladatokra is:

– talajerosztásvizsgálat során mért értékek alkalmazása a felszínfejlődés prognosztizálásában;

– az erózió növekedése esetén javaslatok a meliorációs beavatkozásokhoz;

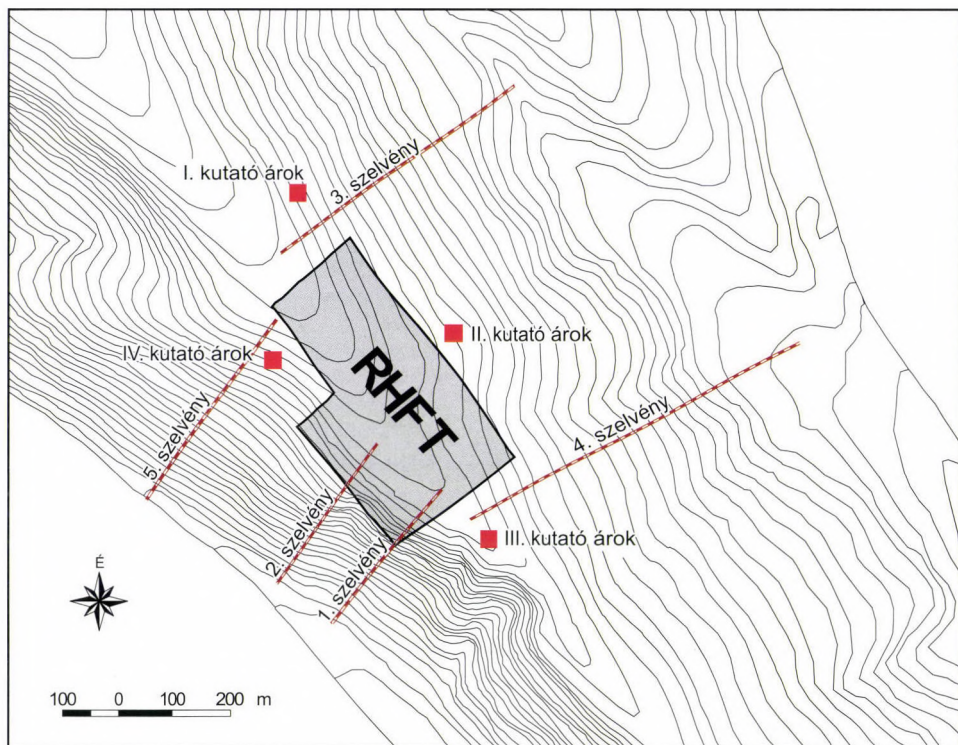
– az új mérési eredmények beillesztése az általános tájvesztési egyenletbe;

– a helyi viszonyokra érvényes mutatók matematikai–statisztikai alkalmazására;

– a mérési eredmények ismeretében javaslattétel az RHFT környezetében kialakítandó erózióvédelmi gazdálkodásra, és a biztonsági értékeléshez szükséges scenáriók elemzéséhez.

4.2. Genetikai és talajerosztás térképezés

Az eróziós folyamatokat befolyásoló tényezők közül kétségtelenül egyik legfontosabb a *talaj*. A talaj részben közvetlenül, részben közvetve hat az eróziós folyamatokra azokon a tulajdonságain keresztül, amelyek a felületi elfolyó vizek keletkezésében jutnak szerephez. Természetesen a közvetlen és közvetett hatás együtt, egy időben, és sokszor egymást erősítve érvényesül. A genetikai talajtérképezést a RHFT közvetlen környezetében végeztük el (4.1. ábra).



4.1. ábra. A talajterképezés során felvett kutatóárkok helye és a WEPP modellkísérlet keresztaszelvényei a püspökszilágyi RHFT szűkebb környezetében

A kutatás célja az volt, hogy olyan jellemző talajszelvényeket tárjunk fel a hulladéklerakó telephelyének 500 m-es körzetében a Némedi- és Szilágyi-patak közötti löszhát reprezentáns pontjain, amelyek referencia pontokként figyelembe vehetők az erózióérzékenység vizsgálatában és a későbbiekben is alapul szolgálhatnak a lepusztulás mértékének meghatározásában.

Az I–IV. kutatóárkokban vizsgált talajok genetikájuk szerint RAMANN-féle barna erdőtalajok. A barna erdőtalajokban RAMANN, G. szerint az A szintekből a CaCO_3 kilúgozódik, de a szilikát mállás folyamán keletkezett SiO_2 helyben marad. Talajképződésüket a gyors és erőteljes mállás jellemezte, amelynek folyamán sok agyagos rész képződött.

A löszön kialakult szelvény általános felépítését a jegyzőkönyv és a hozzá kapcsolódó táblázat formájú leírás adatai tartalmazzák. Jellemző tulajdonság az egyenletes agyagosodás és ennek következtében kialakult nagy T érték.

A csernozjom barna erdőtalaj az RHFT-től D-re a völgyközi hát lealacsonyodó tető-szintjén található egy kis foltban. E talajfolt arra utal, hogy e területen előbb volt erdőhiány, mint környezete nagy részén. Ezt bizonyítja a vizsgált terület határán található deráziós völgy kialakulása is.

Az ilyen típusú talaj szelvényében két talajképződési folyamat nyomai láthatók. Az egyik a *kilúgozás*, ami a talajtípust a barna erdőtalajokhoz kapcsolja, és aminek következménye a vasas agyagosodás, a másik az erőteljes *humuszosodás*, ami már a csernozjom talajok főtípusára jellemző. Vízgazdálkodásuk kedvező, mert a közepes vízáteresztő képességhez jó víztartó képesség társul. Szerkezeti állapotuk is kedvező, mert szerkezeti elemeik vízállóak.

A vizsgált területen is jól megfigyelhető az az általános törvényszerűség, hogy az erózióval szembeni kezdeti ellenállás megmarad, mert a humuszos szintek ellenállóképessége a csernozjomokéhoz hasonló. Amint azonban ezeket a talajpusztulás eltávolította, a folyamat sebessége csökken. Ennek az az oka, hogy a felszínre kerülnek az agyagos, vízálló szerkezetű és ezért ellenálló felhalmozódási szintek, amelyek az eróziót lefékezik.

Ha azonban a felületi rétegerózió a talajszinteket elhordja – vagyis a talajképző közet, a lösz kerül a felszínre –, a pusztulás rohamosan felgyorsul. A vasas, ásványi kolloidokkal összeragasztott szerkezeti elemek eróziós ellenállása jóval nagyobb, mint a szerves anyaggal kötött morzsáké, így mind a csepperózió, mind a felületi rétegerózió hatásának erősen ellenállnak. A morzsákon belüli póruster kisebb ugyan az erdőtalajok morzsáiban, mint a csernozjomokéiban, de a pórusviszonyok az erodáltság szempontjából kedvezőbbek. A talajmorzsák sokkal nehezebben robbannak szét, kevésbé áznak el a vízben, tömörebbek, ezért nagyobb a térfogattömegük és a víz által nehezebben szállíthatók. Az erdőtalajok felhalmozási szintjeiben kialakult talajszerkezet másik kedvező tulajdonsága, hogy mechanikai eszközökkel könnyebben állítható helyre, mint a csernozjom talajoké, amelyek morzsái csak biológiai hatásokkal regenerálhatók (STEFANOVITS P. 1992).

A Némedi-patak felett a meredek lejtőszakaszokat földes kopárok váztalajai fedik. A nagyfokú erózió miatt kialakult felszíneken a talajképződés folyamatát nem a mállékony anyaghiány vagy a kevés mállástermék elszállítása, hanem a felszín gyors és állandó lepusztulása akadályozza. A talajréteg humuszos szintje sekély, 10–25 cm között változik, vastagságát az egykori talajművelés során az eketalp mélysége és a szántás műveletei is jelentős mértékben befolyásolták.

A völgytalpak peremén és a völgytalpakon lejtőhordalék talajok jellemzőek.

A Szilágyi-patak völgytalpán, ahol időszakos vízborítások és a közeli talajvíz is hatással van a talajképződésre, réti talaj keletkezett. Itt a helyi jellemző talajképződési folyamatok mellett a közeli területekről lepusztuló talajok akkumulációs hatásával is számolni kell.

A barna erdőtalajok és a csernozjom barna erdőtalajok esetében a talaj- és kőzetviszonyok megszabják az erózió formáját és a folyamatának fejlődését. A területen a felületi rétegerózió hatása a jellemző.

A talajszelvények vizsgálatából kitűnik, hogy a talajok felszínközeli rétegeiből az erózió kezdeti ellenállásával szemben gyengébben ellenálló humuszos *A* szintek már jórészt lepusztultak. Ennek folyamán az agyagos, vízálló szerkezetű és ezért ellenálló *B* szintek kerültek a felszínre.

A II. kutatóárok vizsgálatából kitűnik, hogy a felszíni lepusztulás következtében a Szilágyi-patak mentén található lankás lejtőszakaszokon a fosszilis talajok is felszínközelségre kerültek és néhány helyen mezőgazdasági művelésben is hasznosulnak (4.1. kép).

Amikor a talajpusztulás a talajszinteket, tehát a felhalmozódási szint maradványait és a talajképző közetet – adott esetben a löszet – is elhordja, anyagát károsítja, az erózió üteme hirtelen felgyorsul. Ezt figyelembe véve az RHFT közvetlen környezetében a Némedi-patak felőli meredek lejtőszakaszok, legelő hasznosítású területek mezőgazdasági művelésbe vonása esetén az erózió hirtelen megnövekedése várható.

A helyszínen készített talajfelvételi jegyzőkönyvek tartalma:

a) Püspökszilágy I. kutatóárok

Környezet: ÉNy–DK-i irányú hát 150–200 m szélességű tetőszintje, a hulladéktároló kerítésétől 150 m-re. Kitétség: DK, kb. 2%. Növényzet: búzatarló. A talaj típusa: közepesen erodált, barna erdőtalaj agyagos, iszapos löszön

Genetikai szint	Mélység, cm	Jellemzők
A _{sz1}	0–7	10YR 4/3, laza, kultúrszemcsés szerkezetű, iszapos, löszös vályog, búza gyökérzetétől sűrűn átjárt. CaCO ₃ : 0
A _{sz2}	7–27	10YR 4/4, az erodált talaj B szintjéből keletkezett, kultúrszemcsés vályog. CaCO ₃ : 0
B ₁	27–37	2,5Y 4/4, aprómorzsás, szemcsés, löszös vályog. CaCO ₃ : +
B ₂	37–50	2,5Y 5/6, gyengén morzsás, vályogos lösz, erősen mészeres. CaCO ₃ : +++–++++
BC	50–80	2,5Y 6/4, erősen mészeres, iszapos, homokos, gyengén vályogos lösz, néhány (3–5 cm Ø-jű) konkrécióval. CaCO ₃ : ++++
C ₁	80–(110)	fenténél világosabb, homokosabb ua.
C ₂	110 cm-től	az árok talpáról vett minta agyagosabb.

b) Püspökszilágy II. kutatóárok

Környezet: ÉNy–DK-i irányú hát ÉK-i lejtőjének a közepe a tárolótól 100 m-re. Kitétség: 10–15%-os DK-i lejtő. Növényzet: búzatarló. A talaj típusa: erősen erodált, gyengén humuszos barna erdőtalaj, löszből képződött fosszilis barna erdőtalaj felett.

Genetikai szint	Mélység, cm	Jellemzők
B _{sz1}	0–7	10YR 4/3, apró kultúrszemcsés, iszapos vályog. CaCO ₃ : +
B _{sz2}	7–25	10YR 4/3, nagyszemcsés, gyengén vályogos agyagos lösz. Alsó szinthatár nagyon éles. CaCO ₃ : +
BC ₁	25–50	2,5Y 5/4, aprószemcsés, gyengén vályogos, iszapos, homokos lösz. CaCO ₃ : +++–++++
BC ₂	50–80	2,5Y 5/4, a fenténél világosabb, rendkívül sűrű mészerekkel átjárt vályogos, homokos, iszapos lösz. CaCO ₃ : +++–++++
	80–(170)	Kutatófúrás, amely fosszilis barna erdőtalajban haladt. Színe: 7,5YR 4/4, CaCO ₃ : +–++

c) Püspökszilágy III. kutatóárok

Környezet: ÉNy–DK-i irányú, egyre elkeskenyedő és alacsonyodó hát tetőszintje, a kerítéstől 15 m-re. Kitétség: DDK 1–2%-os. Növényzet: búzatarló. A talaj típusa: csernozjom barna erdőtalaj (erdőmaradványos mészlepedékes csernozjom) löszön.

Genetikai szint	Mélység, cm	Jellemzők
A _{sz}	0–25	10YR 3/3, apró poliédes, szemcsés, agyagos, iszapos vályog, gyökérzettel átjárt. A szint alján eketalpréteg. CaCO ₃ : ++
A ₁	25–30	10YR 3/3, fenténél tömöttebb, agyagosabb ua. CaCO ₃ : ++
A ₂	30–50	10YR 3/3, morzsás, szemcsés, mészlepedékes, iszapos, agyagos vályog. CaCO ₃ : +–++
A(B)	50–70	10YR 3/3, fenténél világosabb, morzsás szerkezetű, erősen mészlepedékes, iszapos, löszös vályog. CaCO ₃ : ++
(B)C	70–90	2,5 Y 4/4, lefelé folyamatosan világosodó, morzsás, szemcsés, vályogos, löszös, homokos iszap. CaCO ₃ : ++++
C	90–(120)	2,5 Y 4/4, iszapos, homokos, mészlepedékes lösz. CaCO ₃ : ++++

d) Püspökszilágy IV. kutatóárok

Környezet: az előbbi keskeny hát DNY-i lejtője, a tetőszinttől és az objektumtól 150 m-re, Némedi-patak medrétől kb. 200 m-re. Kiettség: 20–25% NyDNY. Növényzet: búzatarló.

Genetikai szint	Mélység, cm	Jellemzők
A _{sz}	0–25	10 YR 4/3, gyengén vályogos, iszapos lősz, szerkezet nélküli, sűrű gyökérréteggel. A szint alján éles határ, eketalp réteg. CaCO ₃ : +++–++++
C ₁	25–65	2,5 Y 5/4, erősen mészlepedékes, mészfelhalmozódásos, szemcsés, szárazon tömött homokos lősz. CaCO ₃ : ++++
C ₂	65–(120)	2,5 Y 5/4, az előbbinél világosabb, kevesebb mészlepedékkel jellemzett, agyagos, kissé homokos lősz. CaCO ₃ : +++–++++

Az egész szelvényben 0,3–0,5 cm átmérőjű mészkonkréciók fordulnak elő. A talaj típusa: földes kopár (4.2. kép).



4.1.–4.2. kép. A II sz. kutatóárokban feltárt fosszilis talaj a Szilágyi-patak völgyoldalának az RHFT alatti lejtőjén (bal oldalon), erősen eródált földeskopár talajszelvény a IV sz. kutatóárból, a Némedi -patak meredek völgylejtőjén, az RHFT alatt (jobb oldalon)

4.3. Talajpusztulás térképezése az EPIC modell alkalmazásával

4.3.1. A modell felépítése

Az EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) program (WILLIAMS, J.R. et al. 1990) a talaj- és szélerozió eredményének szimulálására és ennek alapján a termesztett növények átlagos hozamának és a termelés nyereségének becslésére készített modell. Célja a talaj termékenységét megőrző, a legnagyobb fajlagos bevételt biztosító területhasznosítási rendszer kialakítása.

Fizikailag megalapozott paraméterekkel becsli az eróziót, a növények fejlődését és a terméseredményt befolyásoló folyamatokat, ezáltal próbálja meghatározni az *optimális management-stratégiát* kis területű, homogén talajtulajdonságokkal és földhasznosítással jellemzett lejtőkre.

A modell – beépített sztochasztikus időjárás-generátorának (RICHARDSON, H.–NICKS, J. 1990) segítségével – alkalmas a jelen eróziós viszonyainak valószínű rövid (éves) és középtávú (100–1000 éves) szimulációjára.

Az EPIC egységes rendszert alkot, de paramétereit és számítási módszereit 4 nagyobb egységbe lehet foglalni, főbb komponenseit pedig az alábbi 8 szimulált biofizikai folyamat alkotja:

a) *Éghajlat*. A napi csapadékmennyiség, maximum- és minimumhőmérséklet, nap-sugárzás, szélesebség és a relatív nedvesség-adatok vagy valós mérési adatokból, vagy sztochasztikus generálás alapján kerülnek felhasználásra.

b) *Hidrológia*. A lefolyás, a beszivárgás, a talajvíztükör-ingadozás, a felszínközeli lefolyás és a hóolvadás szimulálása. A potenciális evapotranspiráció becslésére négy különböző módszer áll rendelkezésre.

c) *Erózió*. Az EPIC mind a víz által okozott, mind pedig a szélerozió következtében fellépő talajpusztulás szimulációjára alkalmas. Az esővízből, a hóolvadásból és az öntözésből származó lefolyás okozta lepel- és barázdás erózió/szedimentáció modellezésére egyaránt jól alkalmazható.

d) *Tápanyag-körforgalom*. A modell szimulálja a nitrogén- (N) és foszforháztartást és -átalakulást, a növényi tápanyagfelvételt és a tápanyag mozgását. Az N-körforgást pl. a lefolyás NO_3 -tartalmával, a talaj evaporációja általi NO_3 -mozgással, a növényi N-felvétellel és -megkötéssel, ill. a denitrifikációval írja le.

e) *Talajhőmérséklet*. A modell az egyes talajrétegek hőmérsékletét az időjárási paraméterek, a talajnedvesség és a térfogattömeg alapján számítja ki a szimulált időszak minden napján.

f) *Agrotechnológia*. Az agrotechnológiai eszközök befolyásolják a talaj hidrológiai jellemzőit és a tápanyag-körforgalmat. A felhasználó szükség esetén módosíthatja a szimulált eszközök jellemzőit.

g) *Növényfejlődés*. Ez az önálló modul alkalmas a főbb termesztett növények, a legelők fűvének és a fák növekedésének, fejlődésének szimulációjára. A legtöbb esetben a növény-specifikus agronómiai és fiziológiai paraméterek rendelkezésre állnak.

h) *Növény- és talajgazdálkodás*. Az EPIC modellel szimulálhatunk különböző vetésforgókat és gazdálkodási változatokat. Ez eltérő tulajdonságú növénypopulációkat, vetési és aratási időpontokat, műtrágyázást, öntözést, mesterséges csatornarendszert, agrotechnológiát, meszeztést, vegyszerezést jelenthet.

Ez a modell tábla méretű (*field scale*) vizsgálatokra alkalmas, amely a talajpusztulás számításakor az USLE-egyenleten kívül további elméleti és tapasztalati módszereket tud al-

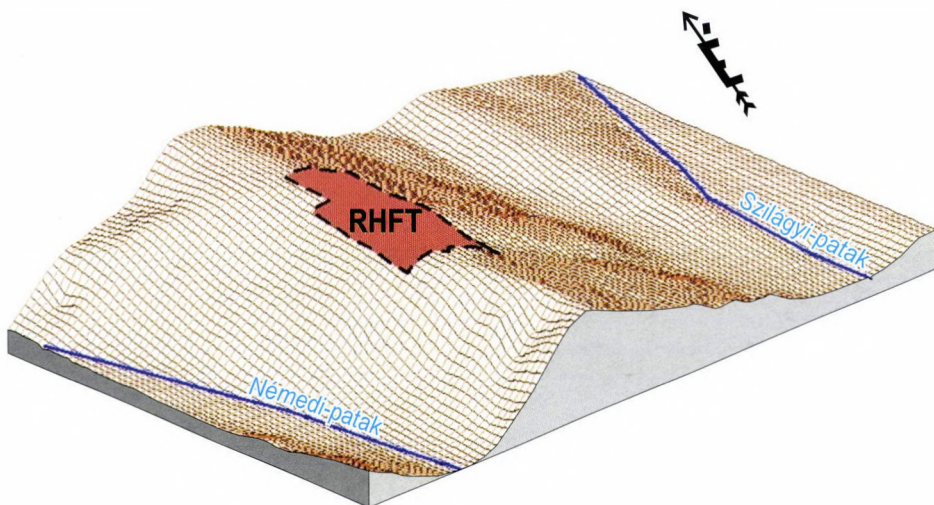
kalmazni, köztük az USLE módosított változatait is. Az EPIC modell hidrológiai komponense a csapadék és a lefolyás okozta eróziót becsli. Az 5 egyenlet közül vizsgálatainkhoz a módosított általános talajvesztés-becslési egyenletet (MUSLE) használtuk (WILLIAMS, J.R. 1975). A másik 4 változat az esőenergia-komponenstől eltekintve azonos. A MUSLE annyiban tér el a hagyományos WISCHMEIER–SMITH-formulától, hogy az esőenergia-faktor helyett a lefolyást jellemző változók kerülnek az egyenletbe. Így megnő az előrejelzés pontossága, szükségtelemmé válik a lepusztulási arányszám (ami az USLE hordalékhozam-bebecsléséhez kell), és az egyenlet alkalmazhatóvá válik az egyedi csapadékeseményekhez kapcsolódó hordalékhozam-számításokhoz.

4.3.2. Az EPIC modell input paraméterei

Az előzetesen lehatárolt részvízgyűjtőket a terület genetikai talajtípus térképe alapján homogén talajtulajdonságú területekre, ún. *erotópokra* osztottuk. RICHTER, G. (1995) szerint az erotóp olyan terület egység, amelyen a lefolyás iránya állandó, ugyanakkor az erotópokon belül nincs irányított vízösszegyűjtés (völgy, dille). Határát a görbületi vonalak (dombhátszerű és völgybevágásszerű vonalak), a völgyek és dellék, továbbá az állandó vegetációjú területek (pl. erdő) határai adják meg. Ezen kritériumok szerinti tagolás alapján 34 erotópot különítettünk el, amelyekben RAMANN-féle barna erdőtalaj, csernozjom barna erdőtalaj, valamint földes kopár talajok találhatók. A kijelölt mintaterületen előforduló lejtőhordalék- és réti talajok a felhalmozódási zónában képződtek, így kimaradtak az erózióveszélyeztettség vizsgálatból.

Az általános adatok közül az egyes erotópok *topográfiai* adatait (terület, átlagos lejtőhossz és meredekség) az 1:10 000 m. szintvonalas térképről nyertük és elkészült a terület digitális domborzatmodellje is (4.2. ábra).

A potenciális *evapotranspiráció* számításához a PRIESTLEY–TAYLOR-féle (1972) egyenletet alkalmaztuk. A modell a párolgást a talaj és a növényzet esetében külön-külön számítja ki (RITCHIE, J.T. 1972). A talajnedvesség potenciális párolgását a potenciális párolgás és a le-



4.2. ábra. Az RHFT környezetének digitális domborzatmodellje

vélfelület-index (LAI: a növény leveleinek felülete a talajfelszínhez viszonyítva) függvényében számítja, a talaj tényleges víztartalmának párolgását pedig a talajmélység és a talajnedvesség közötti exponenciális függvénnyel becsli. A növényzet párologtatását a potenciális párolgás és a levélfelület index közötti lineáris függvénykapcsolat alapján adja meg.

A több lehetőség közül a *talajvesztesség* kiszámítására az Általános Talajvesztesség Becslési Egyenlet módosított változatát, a MUSLE-egyenletet választottuk. A MUSLE annyiban tér el a hagyományos WISCHMEIER–SMITH-formulától (USLE), hogy az esőenergia-faktor helyett a lefolyást jellemző változók kerülnek az egyenletbe. Ezáltal megnövekedett az előrejelzés pontossága, szükségtelessé vált a lepusztulási arányszám, valamint az egyenlet alkalmazhatóvá vált az egyedi csapadékeseményekhez kötődő hordalékhozam-számításokhoz.

Az adatbázis *időjárás*i paramétereit a püspökszilágyi RHFT területén található csapadékmérő adatai, valamint az EPIC-modell beépített WXGEN időjárás-generátora által számított havi átlagértékek alapján készült generált, szintetikus időjárás paraméterek szolgáltatják (4.1. táblázat).

4.1. táblázat. A szimulált időszak meteorológiai paramétereinek éves átlagértékei

Max. hőmérséklet, °C	Min. hőmérséklet, °C	Radiáció, MJ/m ²	Csapadék, mm	Relatív nedvesség	Esőenergia-faktor
17,13	5,02	0,47	627,94	0,69	126,3

A terület általános talajpusztulási viszonyainak majdani prognosztizálása és a *talaj-tani viszonyok* részleges feltárása céljából a telephely tágabb környezetében több talajszelvényt vettünk fel. A különböző helyzetű mezőgazdasági táblákról begyűjtött mintákat fizikai és kémiai paraméterek alapján részletesen vizsgáltuk: mechanikai összetétel mm %-ban, CaCO₃ %-ban, humusz %-ban, pH (desztillált vizes).

A mechanikai összetétel és a humusztartalom jelentősen befolyásolja az erózió mértékét. Minimálisan a talajok C szintjéig mélyült talajszelvények és fűrészek laboreredményeit az erotópokhoz tartozó talajtípus, lejtőmeredekség és kitettség tulajdonságok alapján extrapoláltuk. Ezek adták az alapot az erotópok EPIC-talajparamétereinek meghatározásához, amelyek talajrétegenként az alábbiak voltak: a talajfelszín albedója, a homok- és iszapfrakció részaránya, pH, szerves szén- és CaCO₃-tartalom, térfogattömeg, hervadáspont, vízkapacitás, valamint CN2 „*runoff curve number*” a felszíni lefolyás becslésére.

A szóban forgó talajtípusok albedóját DÁVID A. et al. (1990) adatai alapján határoztuk meg (nedves állapotot feltételezve). A talajtípusokat hidrológiai jellemzőik (SCHWAB, G.O. et al. 1966) alapján csoportosítottuk. A földhasznosítás, a növénytípus, valamint a hidrológiai csoport szerint – jó hidrológiai kondíciókat feltételezve – a különböző talajtípusok CN2-értékét a National Engineering Handbook (USDA, SCS 1972) táblázatai alapján állapítottuk meg. Az SCS technika egy előzetes csapadékindexet alkalmaz, hogy egy előzetes talajnedvesség tartalmat becsülhessen a következő három feltétel egyikeként (I. száraz; II. normál; III. nedves). A három feltétel valamelyikére vonatkozó csapadék-felszíni lefolyás összefüggést fejezik ki egy ún. *curve numberrel* (CN). Az egyes típusokat reprezentáló talajszelvények térfogattömegét, laborvizsgálatok hiányában – a szemcseösszetétel és a humusztartalom ismeretében – RAULS, W.J. (1983) képlete alapján számítottuk ki. A térfogattömeg, a szemcseméret és a szervesanyag-tartalom ismeretében RAJKAI K. (1987) módszere alapján becsültük meg a vízkapacitás- és hervadáspont-értékeket. A *földhasznosításra* vonatkozó input-paraméterek meghatározásakor két szélsőséges esetet vettünk figyelembe.

Természetesen a privatizáció óta a mezőgazdaság jelenlegi helyzetében az egész területre kiterjedő, ideális vetésforgóról nem lehet beszélni, ezért az egységes – és ezáltal az erózió szempontjából jobban összevethető – talajgazdálkodás figyelembevétele mellett döntöttünk, ami a kukorica – búza – tavaszi árpa – repce – búza vetésforgót jelenti. A generált időjárási adatsorral történő futtatáskor a talajeróziós prognózis elkészítéséhez a szántóföldi művelésen kívül a rét-legelő gazdálkodással történő földhasznosítási körülményeket is szimuláltuk. A mezőgazdasági művelésre, az alkalmazott vetésforgóra és a terméseredményekre vonatkozó információkat a földet a tulajdonosoktól bérlő, nagyüzemi gazdálkodást folytató gazdaságtól szereztük be. Az alkalmazott vetésforgó és az agrotechnológiai eljárások ezért egységesnek tekinthetők. A növények ökológiai igényére és élettani tulajdonságaira, valamint művelési ágakra vonatkozó paramétereket igyekeztünk a magyarországi, ill. helyi sajátosságokhoz igazítani, amiben szakavatott agrármérnök kollégák voltak segítségünkre. A valós terméseredmények szintén ismeretesek voltak.

4.3.3. A szimuláció eredményei

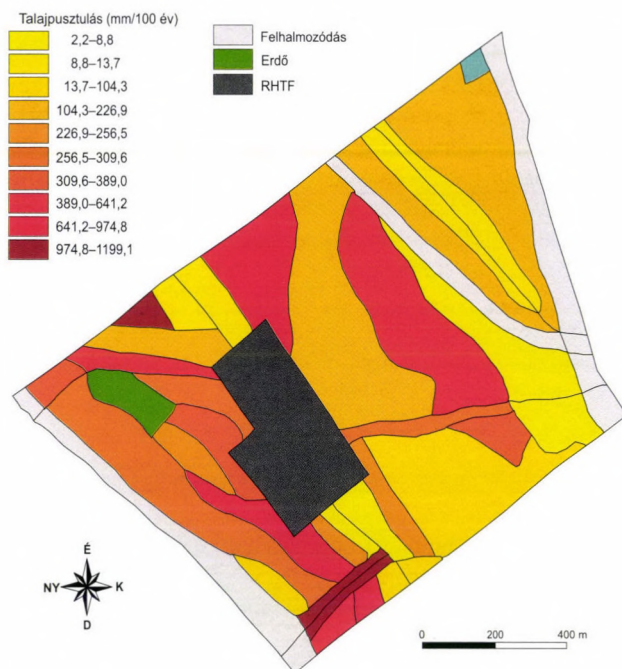
Fontos *eredményeknek* tekinthető, hogy az elkészült adatbázis EPIC-modellbe való betáplálása és a program lefuttatása után a vizsgálat az alábbi output-paramétereket szolgáltatotta: az erodált talajréteg vastagsága mm-ben, a szimulált időszak átlagos lepusztulása t/ha/évben kifejezve és a MUSLE-egyenlet alapján számítva, továbbá az átlagos lefolyás.

A modellel 100 éves szántóföldi és 1000 éves legelő földhasznosítási viszonyokat is szimuláltunk, s az így kapott output-paramétereket a már elkészült Földrajzi Információs Rendszerbe vittük át. Ezáltal a 34 erótophoz, ill. a fentebb felsorolt EPIC output-paraméterekhez az alábbi attribútumok váltak hozzárendelhetővé: terület, átlagos lejtőhossz, átlagos lejtőmeredekség, átlagos magasság, talajtípus. Az így tárolt adatok térben ábrázolhatóvá és tetszőleges szempontok alapján lekérdezhetővé váltak. A 4.3. és 4.4. ábrákon látható talajpusztulás-értékek az erodált talajrétegnek a MUSLE-egyenlet alapján becsült vastagságát ábrázolják mm-ben kifejezve.

A szántóföldi művelés szimulációja azt mutatja, hogy a 100. év végén keletkező lepusztulásértékek lényegesen nagyobbak, mint a rét-legelő földhasznosítás esetén. Szélsőséges esetben az erodált talajréteg vastagsága meghaladhatja a 100 cm-t. Legelőgazdálkodás esetén ezzel szemben még az 1000. év végén várható erodálódott talajréteg-vastagságok sem haladják meg az 7,2 cm-t. Az erodáltságot térben vizsgálva hasonló mozaikosság adódik mindkét szimulációban. A tetőszintek erótopjain a lepusztult talajréteg vastagsága minimális. A Szilágyi-patak részvízgyűjtője lejtőinek erótopjai közepes lepusztulást mutatnak, a mintaterület Ny-i lejtőjének meredek szakaszainak lehatárolt erótopjai igen magas az erózió.

Mivel a kis eróziójú területeken a talajpusztulás hatása a terméseredményekben csak hosszú távon jelenik meg, a modellt eredetileg több száz éves szimulációk futtatására fejlesztették ki (WILLIAMS, J.R. et al. 1990). A gyeptelepítés magas borítottsága miatt az erózió hosszú távon sem nagy, így az erózióvesztéyzettség szempontjából ideális. Megjegyzendő, hogy a modell 1000 évre való futtatásakor az időjárási adatokat az esetleges klímaváltozás figyelmen kívül hagyásával, a mai éghajlati viszonyok szerint számított havi átlagértékek alapján generáltuk.

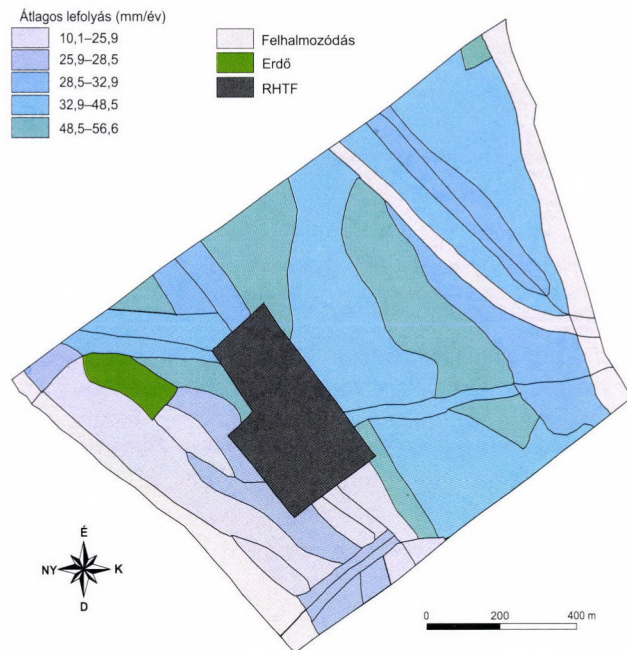
A területre számított éves átlagos lefolyás-értékeket a $Lefolyás = Csapadék - Beszívárgás$ összefüggés alapján szimulálta a modell. A lejtőhosszak és a lejtőmeredekségek között, valamint a lefolyó víz talajt megbontó kinetikai energiája között szoros összefüggés mutatkozik. Ennek számszerű értékei a 4.5. és 4.6. ábráról olvashatók le.



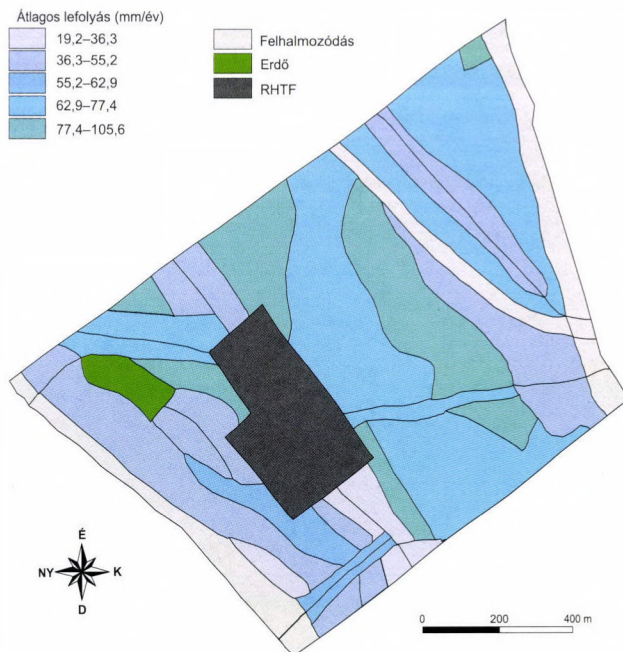
4.3. ábra. Az erodálódott talajréteg vastagsága szántóföldi gazdálkodás esetén (szimuláció 100 évre)



4.4. ábra. Az erodálódott talajréteg vastagsága legelő gazdálkodás esetén (szimuláció 1000 évre)



4.5. ábra. Az éves átlagos lefolyás értékei rét-legelő gazdálkodás esetén (szimuláció 1000 évre)



4.6. ábra. Az éves átlagos lefolyás értékei szántóföldi gazdálkodás esetén (szimuláció 100 évre)

4.2. táblázat. Az EPIC-moddal vizsgált erótopok főbb domborzati paraméterei, és a genetikai talajtípusokon szimulált talajpusztulás-értékek

Talaj		Erotópok száma	Erotópok területe (ha)	Átlagos lejtőhossz (m)	Átlagos lejtőmeredekség	Az erodált talajréteg átl. vastagsága (mm)	Átlagos lefolyás (mm)
100 éves	földes kopár	10,0	2,1	120,0	10,5°	566,8	51,4
	barna erdőtalaj	23,0	23,0	210,0	3,0°	215,6	58,5
Szimuláció szántón	csernozjom	5,0	0,7	70,0	3,0°	57,9	26,9
	barna erdőtalaj						

A rendelkezésre álló GIS-adatbázis lekérdezése lehetőséget adott az erózió talajtípus és lejtőmeredekség alapján történő vizsgálatára. A 4.2. táblázat a mintaterületen található talajtípusok alapján csoportosítja az erótopokat, bemutatva azok domborzati adatait, lefolyás- és lepusztulásértékeit. A legalacsonyabb lepusztulásértékek a terület legkisebb részét (0,7 ha-t) kitevő, legmagasabb helyzetben levő, ill. a rendkívül gyenge lejtésű és rövid lejtőhosszal jellemezhető térszínnek csernozjom barna erdőtalajain mutatkoztak. A mintaterület csernozjom barna erdőtalajai mai állapotukban gyengén erodáltak, így az 1000 éves prognózis alapján a talajpusztulás nem mutat gyorsulást.

A RAMANN-féle barna erdőtalajok alkotják a vizsgált terület túlnyomó részét. Itt az átlagban 210 m-es lejtőhossz viszonylag enyhe lejtőmeredekséggel párosul, így a 100. év végén, az erre a talajtípusra számított erodálódott talajréteg átlagos vastagsága (21,5 cm) közepesnek mondható.

A löszön képződött földes kopár talajokat a Némédi-patak vízgyűjtőjéhez tartozó erótopok képviselik. A meredek lejtés és a magas lefolyás értékek miatt az erózióveszélyeztettség szempontjából a mintaterület legkritikusabb részét itt találhatjuk. A szántóföldi művelés felhagyása lényegesen csökkentené a talajpusztulást, és elősegítené az erózióval szemben ellenállóbb antropogén humuszkarbonát kialakulását.

4.4. Extrém csapadékeseményhez kötött talajerózió vizsgálata a WEPP modell alkalmazásával

4.4.1. A modell sajátosságai

Az USDA-WEPP (*Water Erosion Prediction Project*, azaz Vízzerózió Előrejelző Projekt, NEARING, M.A. et. al. 1989) modell egy új erózióbecslő eljárást mutat be, amely a sztochasztikus időjárás adatok előállítás, a beszivárgási elmélet, a hidrológia, a talajfizika, a növénytan, a hidraulika és az eróziós mechanizmusok ismeretein alapszik. Legjelentősebb előnyei közé tartozik, hogy képes a talajvesztés tér- és időbeli eloszlásának becslésére (a nettó talajvesztés a teljes lejtőszakaszon, ill. a lejtő profil minden egyes pontján napi, havi, éves átlagban becsülhető), valamint az, hogy a modell folyamat alapú jellegéből adódóan számos olyan körülményhez extrapolálható, amikor gyakorlati vagy gazdasági okokból a terepi mérés nem megvalósítható.

A modell lejtőprofil alkalmazásánál figyelembe vett folyamatok: barázdás erózió, barázdaközi erózió, üledékszállítás és lerakás, beszivárgás, talajkonszolidáció, növényi marad-

ványok és a fakorona hatása a talajrészecskék leválására és a beszivárgásra, talajtömörítés, barázda hidraulika, felszíni lefolyás, növényi növekedés, növényi maradványok lebomlása, átszűrés, evaporáció, transpiráció, hóolvadás, fagyott talaj hatása a beszivárgásra és az erodibilitásra, klíma, talajművelés hatása a talajtulajdonságokra, talaj véletlenszerű érdessége, szintvonalak hatása (beleértve a rétegvonalas bakhát potenciális kiemelkedését). A modell összeegyezteti a domborzat, a felszíni érdesség, a talajtulajdonságok, a növényzet, valamint a földhasználati körülmények tér- és időbeli variabilitását a lejtőn.

4.4.2. Alapkoncepciók

Az eróziós egyenletek a vízhozamra és egy egyenletes lejtő alján mért lefolyás nyírási ellenállására normalizáltak, így a kapott értékekből számítható a szediment elragadása, szállítása és lerakódása a lejtő profil minden egyes pontjában. Nettó leválás egy barázda szegmensben akkor következik be, ha a lefolyás hidraulikai nyírási ellenállása meghaladja a talaj kritikus nyírási ellenállását és a barázda hordalékhozama kevesebb, mint a hordalékszállítási kapacitás. Nettó lerakódás egy barázdában mindig bekövetkezik, ha a lefolyás hordalékhozama meghaladja a hordalékszállítási kapacitást.

4.4.3. Időjárási adatok előállítása

Csapadékesemények alkalmával a csapadék mennyisége ferdeségi normál eloszlás függvényből határozható meg (NICKS, G. 1985). Az egyes csapadékesemények hossza a havi átlagos időtartamon alapuló exponenciális eloszlásból határozható meg.

Az időjárási összetevőbe belefoglaltak egy szétesési modellt, hogy idő-eső intenzitás (töréspont) adatokat szolgáltatson a napi csapadékmennyiségből. Vagyis csapadékmennyiséget és a csapadékesemény időtartamát megadva a szétesési modell esőintenzitási mintázatot határoz meg, amely hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, mint a törésponti adatok elemzéséből származó mintázat. A töréspont csapadékadatok a beszivárgási összetevőhöz, valamint az esőfőlősleg – és ezáltal a lefolyás – kiszámításához szükségesek.

4.4.4. Beszivárgás és lefolyás

A lejtő modell beszivárgási összetevője a GREEN és AMPT-féle egyenleten (1973) alapszik, amelyet MEIN és LARSON módosított a változó intenzitású csapadékesemény töcsaképződési idejével. A beszivárgási folyamat két elkülöníthető szakaszból áll: az egyikben a talajfelszínen képződik víztócsa, a másikban nem. Változó intenzitású eső során a beszivárgási folyamat szakaszai változathatják egymást.

Tócsás felszín esetében a beszivárgási folyamat független a csapadék időbeni megoszlásának hatásától. Ilyenkor a beszivárgás mértéke eléri a lehető legmagasabb értéket, amelyet *beszivárgási intenzitásnak* nevezünk. Ebben a szakaszban a csapadékfelesleg az esőintenzitás és a beszivárgási kapacitás különbségéből számítható. (A felszíni tározódást szintén figyelembe vettük.) Tócsaképződés nélkül az összes esővíz beszivárog a talajba. A beszivárgás sebessége egyenlő az eső intenzitásával, ami kevesebb, mint a beszivárgási kapacitás és nincs esőfőlősleg.

4.4.5. Talajtulajdonságok

A talajmodulban az alábbi hidrológiát és az eróziót befolyásoló talajtulajdonságok találhatók: 1. véletlenszerű érdesség; 2. irányított érdesség; 3. térfogattömeg; 4. nedvesedési front szukciója (felszívódása); 5. vízvezetőképesség; 6. barázdaközi erodibilitás; 7. barázda erodibilitás és 8. kritikus nyíróerő. Az effektív hidraulikai konduktivitás kulcsfontosságú összetevő a WEPP modellben, ami a beszivárgás és a lefolyás becslését szabályozza.

4.4.6. Lejtőerózió és lerakódás

A modell felületi lefolyás szelvény alkalmazásában a talajerózió két formában szerepel: 1. talajszemcsék leválasztása és elmozdulása az esőcseppek becsapódásának hatására és ezek felületi lefolyás általi szállítása a barázdaközi mélyedésekbe (barázdaközi szállítási ráta); 2. talajszemcsék leválasztása, elmozdítása és lerakása a koncentrált vízfolyások által (barázdás erózió).

Az eróziós és depozíciós modul négy, dimenzió nélküli paraméterrel rendelkezik: ezek közül egy vonatkozik a barázdaközi hordalék barázdákba történő szállítására, kettő a barázdák elmozdulására és egy negyedik a barázdán belüli lerakásra. A normalizált hordalék-kontinuitási egyenlet analitikus úton oldható meg, ha valódi hordaléklerakódás megy végbe, ám a barázda elmozdulásának esetében numerikus integrálással kapunk eredményt.

4.4.7. A WEPP modell input paramétereinek meghatározása

4.4.7.1. Lejtés, talaj, menedzsment

A telephely közvetlen környezetében, a völgyközi hátról induló lejtőkön 5 szelvényt jelöltünk ki a modell lefuttatásához. Az 1., 2., 5. kereszt-szelvények a Némédi-patak felőli oldal különböző meredekségű lejtőszakaszait reprezentálják. Az 1., 2. és 5. szelvények talajtulajdonsága megegyezik a 4. sz. kutatóárok földes kopárjának adataival. Az 1. és 2. szelvény esetében az egész lejtőn gyepvegetációt szimuláltunk, az 5. szelvény esetében a lejtő felső és alsó részében kukorica növényborítottság található a szántókon.

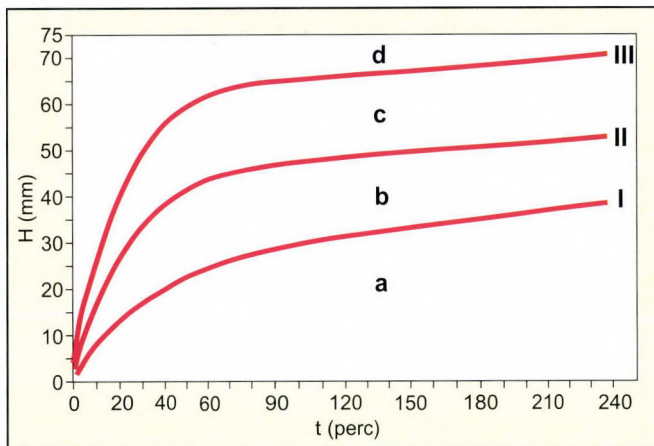
A kereszt-szelvények a hátról indulva a Püspökszilágy felőli erózióbázisig tartanak 3. és 4. Mindkét lejtőn szántó található, amin a csapadék-szenáriók időpontjában (08. 12.) jól fejlett kukorica kultúrát szimuláltunk. A tenyészidőszak ezen szakaszában a kukorica fokozott vízigényének következtében a talajok antecedens nedvességtartalma alacsony. Mindez azt jelenti, hogy a szimulált csapadék esemény a talajt száraz állapotban érte, ami az erózió szempontjából kedvezőbb, mint a magas nedvességtartalommal rendelkező stádium.

A 3. szelvény talajadatait az 1. sz. kutatóárok RAMANN-féle barnaföldjének laboratóriumi vizsgálati eredményei szolgáltatták a lejtő teljes hosszában.

A 4. szelvény felső részében csernozjom barna erdőtalaj (3. sz. kutatóárok) található, míg az alsó szegmenst ugyancsak barnaföld borítja (2. sz. kutatóárokban).

A megfelelő talajadatok a WEPP modell által becsült paraméterekkel egészültek ki, azaz:

- kation kicserélhető képesség: 7,5 meq/100
- albedó: 0,15%
- GREEN és AMPT-féle effektív szaturációs konduktivitás: 9,40 mm/h
- effektív porozitás: 0,39 mm/mm



4.7. ábra. A rövid idő alatt leesett nagy csapadékokat elválasztó görbék (I., II., III.,) az angol osztályozás szerint. – a = gyakran előforduló hevesességű eső; b = nagy hevesességű eső; c = ritkán előforduló nagy hevesességű eső; d = igen ritkán előforduló rendkívüli hevesességű eső; t = az eső időtartama; H = csapadékmennyiség

4.4.7.2. Csapadék

Az angol meteorológiai évkönyvek (British Rainfall) 1908 óta a rövid idő alatt leesett nagy csapadékokat négy csoportba sorolják:

- a) gyakran előforduló hevesességű eső;
- b) nagy hevesességű eső;
- c) ritkán előforduló, nagy hevesességű eső;
- d) igen ritkán előforduló, rendkívüli hevesességű eső.

Ezt a négy csoportot grafikus ábrázolásban három görbe választja el egymástól, amelyeket a 4.7. ábra tünteti fel.

A csoportelválasztó görbéket összevetve a magyar adatokkal: az I. görbe adatai kb. a 3–4 éves gyakoriságú (33–25%-os) csapadékainknak, a II. görbéhez tartozó adatok 30 év körüli gyakoriságú (3%-os) esőinknek, a III. görbe adatai pedig mintegy 60–70 éves gyakoriságú (H'' 1,5%-os) csapadékainknak felelnek meg. A fentiek alapján az alábbi 2 csapadék-esemény-szenáriót alkalmaztuk a modellezésnél:

1. csapadékmennyiség: 180 mm

időtartam: 4 h

maximális intenzitás: 60 mm/h

csúcsintenzitás: 204. percben

Az 1. csapadék-esemény-szenárió visszatérési valószínűsége Magyarországon 60 év. Célunk egy extrém vihar okozta talajpusztulás előrejelzése volt.

2. csapadékmennyiség: 100 mm

időtartam: 4 h

maximális intenzitás: 25 mm/h

csúcsintenzitás: egyenletes

A 2. csapadékmennyiség-szenárió jóval gyakoribb, 3–4 éves visszatérési valószínűséggel ismétlődhet meg hazánkban.

4.4.8. A WEPP modell által számított eredmények

Mindkét csapadékesemény-szenárió alapján történt szimuláció esetében szembeötlő a szántott felszín nagyobb erózióveszélyeztetettsége. A gyepterítés lényegesen lecsökkenti a talajpusztulás mértékét, ezért annak kialakítása a telephely erózióveszélyeztetettségének szempontjából feltétlenül javasolt az összes lejtőn.

Az 1. szenárió esetében szélsőségesen nagy mennyiségű és intenzitású csapadék lehetőségét szimuláltuk, ahol a szenárió intenzitásmaximuma az eső vége felé következik be, amikor a talaj már szaturált állapotban van, így a talajszemcsék elragadásához lényegesen kisebb energiára van szükség. Ez magasabb talajvesztés értékekhez vezet.

A 2. csapadékesemény-szenárió szimulációja egy lényegesen gyakoribb, 3–4 éves valószínűséggel visszatérő eső okozta eróziós eseményt modellez. Az egyes szelvények közötti viszonylagos eltérések hasonlóak a fent leírtakhoz. A kapott talajvesztés és a szediment adatok azonban nagyságrenddel alacsonyabbak és nem számottevő erózió veszélyeztetettségre utalnak.

4.5. Az esőszimulátorral végzett vizsgálatok

A közepes méretű, telepíthető esőszimulátorral végzett talajvédelmi mérések új, speciális módszer alkalmazását jelentik Magyarországon. A Keszthelyi Egyetem Vízgazdálkodási és Meliorációs Tanszékén kifejlesztett berendezést az alábbiakban mutatjuk be.

4.5.1. A Pannon R-02 esőszimulátor

A Pannon R-02 esőszimulátor egy közép méretű (6x2 m²-es) kísérleti parcella esőztetésére alkalmas, lengő szórófejekkel működő berendezés, amely a terepen minden járművel megközelíthető helyen telepíthető és célszerűen használható. Fő részei a következők:

1. Tartó és mechanikus mozgató szerkezet:
 - 1.1. 3 db „kettőslétrászerű” fémállvány, kézi csőrlőkkel és 2 db csúcsi merevítő fémrúddal (távartóval);
 - 1.2. 2 db, egyenként 3 m-es, egymással összekapcsolható fém tartókeret;
 - 1.3. 2 db, tartókeretre szerelt csapágyazott forgatható tengely + összekötő elem;
- 1 db 24 V-os ablaktörlő motor, karos excenter-lehajtással.
2. Vízellátó és kijuttató rendszer:
 - 2.1. 1 ml-es flexibilis szállító-tartály;
 - 2.2. 1,5 ml-es tárolótartály (amely az utánfutó fedeléből PE fólia-béleléssel készül);
 - 2.3. 1 db FO 111 típusú oldalcsatornás önfelszívó körforgó szivattyú;
 - 2.4. Elosztó flexibilis csőrendszer, ellenőrző nyomásmérővel;
 - 2.5. 4 db VEE-JET H1*2U 80100 vagy 80150 típusú szórófej, csatlakozók + adapter;
 - 2.6. 4 (vagy 8) db túlfolyó tartály – a feleslegesen kipermetezett víz visszavezetésére – és az ehhez szükséges rugalmas és félmerev (PVC) csőrendszer;
 - 2.7. Szélvédő-ponyva, amelyet használat esetén az esőszimulátor állványa tart.
3. Hordalék-fogó rendszer:
 - 3.1. 20 db 1,05 m x 0,22 m vaslemezről készült területhatároló elem + tartószögek;
 - 3.2. 2 db 1–1 m széles, trapezoid alakú gyűjtőedény, az esővédő fedő-tálcákkal;

- 3.3. 15–25 literes (fedeles, lezárható) gyűjtőedények (vödrök, tárolók);
- 3.4. Mintavevő és mérőedények (1,15 dm felületű 1 literes mintavevő és légmentesen zárható tároló edények és menzúrák), valamint 1 db 20 kg-os (± 5 g) pontossággal mérő mérleg.
4. Energiaellátó és vezérlő rendszer:
 - 4.1. Honda típusú benzinmotoros áramfejlesztő aggregátor;
 - 4.2. Kisfeszültségű transzformátor és egyenirányító;
 - 4.3. PSION számítógép és program a folyamat vezérlésére + indító ütemadó adapter;
 - 4.4. Villanyvezetékek.

A berendezés „lelke” a kereten elhelyezett – és a működtetés során alternáló-forgómozgást végző tengely (1.3.).

A tengely összesen 4 db VEE-JET 80100 (vagy 80150) típusú szórófejjel (2.5.) van ellátva. A tengely mozgatását (és ezzel a tartószerkezet alatt kijelölt megfigyelt terület egyenletes beöntözését) egy számítógép (4.3.) által vezérelt elektromotor (1.4.) biztosítja. A folyamatosan működő 4 szórófej „vízfüggőnye” a motorfordulat 1,54 másodperce alatt kétszer (át- és visszalendülve) megöntözi a kísérleti parcella talaját. A szórófejek ide-oda lengése – normális esetben – a megfigyelt parcella területén a 80100 típusú szórófej esetében 0,037 mm/lengés, a 80150-es szórófej esetében 0,057 mm/lengés vízterhelést eredményez.

A „mesterséges eső” intenzitása a számítógép (4.3) indító-impulzusainak gyakoriságától függ és 20–133 mm/óra között $\pm 1,5$ –2 mm/ó pontossággal állítható. A fűvókák üzem közben folyamatosan működnek, vízhozamukat szélső („pihenő”) állásban a tartókeretre erősített gyűjtőedények (2.6) fogják fel és vezetik vissza a víztartályba (2.2).

A szakirodalomból ismert, hogy a mesterséges eső előállítására a VEE-JET 80100, ill. a VEE-JET 80150 típusú szórófejek feleltek meg legjobban, kis víznyomás (41 kPa) esetén. Méréseink szerint ilyen nyomáson a víz a következő sebességgel (v) és vízhozammal (Q) lép ki a fűvókákból.

A felvett szórásképek adatainak feldolgozása lineáris korrelációs összefüggést mutatott ki ($p=1\%$ valószínűségi szinten) a mérőpadon számolt szórás egyenetlenség és a megfigyelt terület szélén elhelyezett mintavevő edények adataiból számolt szórás egyenetlenség között. Ez a tény kulcsot adott arra nézve, hogy a terepi mérések során a terület szélén, a talajon mért „csapadék-adatokból” a csapadékterhelést és a víz kijuttatásának egyenetlenségét egyaránt elfogadhatóan becsülni (ill. ellenőrizni) lehessen.

Egy-egy esőszimulátoros eróziós vizsgálat – az elfolyás-intenzitástól függően – 20–120 mm-es egyszeri „csapadékterheléssel” jár. Általában a gyakrabban előforduló (15 perces rövid időtartamú) 40 mm/h intenzitású csapadék hatásait minden egyéb mérés esetében sikerült elérni.

Az 5 évnél ritkábban észlelhető (40 percnél hosszabb) csapadék szimulációjára csak akkor kerül sor, ha az adott kisebb esőterhelés mellett nem lehet kapni olyan mérési eredményt, amelyekre a beszivárgás-elfolyási modell-számításban szükségünk volt.

4.5.2. A szimulált eső tulajdonságai

Az eső tulajdonságai jellemezhetők az esőintenzitásával, időtartamával, a cseppösszetétellel (cseppspektrummal vagy cseppmegoszlással) és a talaj felszínére becsapódó esőcseppek kinetikai energiájával. A mesterséges eső esetén ki kell még térni a kijuttatott eső egyenetlenségére is (amelynek vizsgálatáról sajnos a természetes esőknél sem lehet részletes adatokat találni).

4.5.2.1. Az alkalmazott mesterséges eső intenzitása

Magyarország területein jelentős eróziót okozó – azaz 40 mm/ó intenzitású és 15 perces időtartamú – csapadékok átlagosan évente egyszer észlelnek, 30 perceset 3 évenként, 40 perceset 5 évenként, 1 órás időtartamút pedig 10 évenként. Ez a gyakoriság indokolta, hogy az esőszimulátorral végzett mérések zömét is ilyen hevedesséű mesterséges esővel végezzük. Az esőintenzitás talajeróziós hatásait vizsgálva (szántóföldi vízkapacitásig feltöltött talajoknál) 30, 40, 60, 90 és 130 mm/óra intenzitások mellett történnek a mérések.

4.5.2.2. A szimulált eső cseppösszetétele

A szimulált eső csepp-megoszlásának felvétele a WATOR (MACHÉREY-NAGEL) adszorpciós vizsgálati lapok segítségével történt meg – 1560 csepp nagyságának meghatározásával. A cseppek átmérő-szerinti osztálybasorolása után a cseppek súlyának százalékos megoszlását az alábbi 4.3. táblázatban a természetes zápor cseppspektrumával hasonlítjuk össze:

A zápor nagyobb súlyszázalékban tartalmaz kisebb cseppeket, mint az esőszimulátor által előállított eső, míg a magasabb csepposztályokban ez fordítva van. A talaj terhelése az esőveréssel elsősorban a nagyobb átmérőű cseppek nagyobb fajlagos tömegéből (nagyobb zuhanási végsebességéből) származik.

4.3. táblázat. Az esőcseppek súlyának %-os megoszlása szimulált és természetes esők esetében

d(mm)s%	0,3	0,8	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	x
Pannon R	0,2	3,2	9,4	22,5	26,6	21,5	16,5	y1
Term.eső	6,0	19,5	20,4	22,1	17,9	14,1	0	y2

4.5.2.3. Cseppsebesség a Pannon R-02 esőszimulátornál

Az eső-szimulátornál alkalmazott szórófejek cseppképzési tulajdonságait – a tanszék kérésére – a Spraying Systems gyártó cég (a lézerrel működő) Hamburgi Laboratóriumában megvizsgálta a tanszék által használt kis nyomás (0,41 bar) mellett. A cseppek megoszlását a 3 m magasán lévő szórófej alatt 2,5 m-re, 2,5 m széles sávban mérték meg ($\pm 1,25$ m-re a fűvoka tengelyétől) (4.4. táblázat).

4.4. táblázat. Az esőcseppek sebességének értékei mesterséges esőztetésnél

Szórófej típusa	Átlag cseppátm. R (μ m) (SDM)	Minimális seb. m/s	Átlagos seb. m/s	Maximális seb. m/s
VeeJet H1/2u-80100	583,8	0,3	3,86	8,5
VeeJet H1/2u-80150	1634,5	0,3	4,22	8,7

A fűvókát elhagyó vízszugár sebessége a 7,2, ill. a 7,9 m/s-t meghaladja. A szórófejtől a talajig tartó út 3 m-en a keletkező vízcseppek a gravitáció hatására tovább gyorsulnak és olyan sebességet érnek el, mintha legalább 7 m magasról szabadeséssel zuhantak volna le. A vizsgálat alátámasztja előzetes számításunkat, miszerint a cseppek zöme eléri esési végsebességét és az esőcseppek közel „természetes” becsapódási sebességgel érnek talajt.

4.5.3. Az esőterhelés, beszivárgás a talajba és a lefolyás mérése

Az esőztetés folyamán az egyenletesség és az esőterhelés mértékét mérésenként az esőztetett területen a hosszabb oldalak mentén, a talajon 50 cm-enként elhelyezett 113 cm felületű mintavevő-edények segítségével követtük. Azt tapasztaltuk, hogy enyhén szeles időben sem csökkent a berendezés szórás egyenletessége a még elfogadható CHRISTIANSEN-féle 80% szórás egyenletesség alá. Az esetleges párolgási veszteségek miatt ellenőriztük folyamatosan a csapadékterhelést a talaj felszínén.

Mintegy 70 (nyári és őszi) terepi mérés átlagában azt tapasztaltuk, hogy a szórófejet elhagyó víz 85,3%-a ért talajt és a mérésekhez átlagában 41,4 mm/óra intenzitást tudunk biztosítani (beleszámítva ebbe az esetenként alkalmazott magasabb intenzitás-értékeket is).

Az esőszimulátor megfigyelt területéről 12 m lefolyó, talajrészeket szállító vizet maradék nélkül összegyűjtöttük 15–25 literes gyűjtő-ülepítő edényekben. Ezzel párhuzamosan edényenként rögzítettük az esőztetés megindulásával kezdődő „folyamat-időt”. Az így kapott idősorok képezték azon alapadatokat, amelyekből a talaj aktuális (minimális) vízáteresztés-intenzitását becsültük. HORTON szerint a vízáteresztés intenzitása a talajban időben exponenciálisan csökken – egy bizonyos állandó értékig. Mi is a HORTON-modellt használtuk kiindulásként a paraméterek becslésére alkalmasabb (kummulált vízáteresztés-, vízlefolyás intenzitás- és a kummulált vízlefolyás-) egyenletek felállításánál.

Az esőztetés befejezésével mértük a területen az eső után lefolyó víz összegyűlekezési idejét és mennyiségét is. Az előbbi adatokkal együtt becsülni tudtuk az esőztetés „vége felé” a mozgó vízlepel átlagos vastagságát és mozgási sebességét.

A nagy szórás mellett az a tendencia sejthető, hogy a III. lejtő kategória esetén 1 mm, az I. lejtő kategóriánál átlagosan 1,3 mm átlagos vastagságú felszínen mozgó vízrétegre lehet számítani. A réteg átlagos mozgási sebessége az erős lejtőn hozzávetőleg 1,5–1,8 m/perc, a lankás területen csupán 0,4–0,7 m/perc.

4.5.4. A Pannon R-02 esőszimulátor alkalmazása a püspökszilágyi RHFT területén

4.5.4.1. Telepítés

A mérések helyét előzetes terv alapján határoztuk meg és tűztük ki a vizsgált táblák jellemző területein. A területen 2 mérőhelyet választottunk ki, az első földes kopár, a második csernozjom barna erdőtalaj típusba sorolható. A kiválasztott területek legelőként (birka, kecske) hasznosulnak. A lejtők meredeksége 8%, ill. 9%.

Mérőhelyenként két mérést eszközöltünk: az első mérést a talaj száraz állapotában, egy másodikat pedig (az előbbi után 6–24 órával) nedves talaj állapot mellett. Mivel az esőintenzitás eróziós hatását is vizsgálni kívántuk, ezért mérőhelyenként 5 mérést hajtottunk végre (eltérő intenzitások alkalmazásával). A természetes állapotú („érintetlen”) megfigyelt téglalap alakú parcella mérete $6 \times 2 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$, amelyet az esésvonalakkal párhuzamos hossz-tengellyel tűztünk ki a terepen.

Egy mérőállásban 12 mérést hajtottunk végre (a vizsgált talaj száraz, ill. nedves – azaz szabaddíldi vízkapacitásig feltöltött – állapotában) állandó, ill. változó mesterséges esőintenzitással.



4.3. kép. A Pannon R-02 típusú eső-szimulátorral berendezés üzembe helyezése a vizsgálati parcellán

4.5.4.2. Esőterhelés és a lefolyás mérése

A megfelelő helyen kijelölt *kísérleti parcellát* (12 m^2) a nemkívánatos el- és ráfolyás meggátolására függőleges fémlemezekkel határoltuk (3.1). Az öntözött terület minden irányban legalább $0,5 \text{ m}$ -rel meghaladja a megfigyelt területet (azaz a megfigyelt területnek közel a dupláját – $3 \times 7 \text{ m}$ -t – esőztetjük a „szegélyhatás” mérséklése érdekében).

Itt meg kell említenünk az esőszimulátor telepítésével kapcsolatos eróziót mesterségesen növelő tényezőket. A parcella területén ugyanis a telepítés szükségszerűen okoz minimális „talajsebeket” (4.3. kép). Ezen talaj sérüléseket igyekeztünk a munka során minimálisra korlátozni, de az elkerülhetetlen kisebb talajfelszín-változásokat, kéreg-töréseket (gitt, ill. vízüveg felhasználásával) a mérések előtt „rögzítjük”. Ezzel a technikával sikerült a mesterséges beavatkozás talajelmozdulást elősegítő hatását a minimumra csökkentenünk.

A terület alsó részén két fémről készült, lejtés irányába szűkülő gyűjtőelem (3.2) gyűjtötte össze a megfigyelt parcella felszínén elfolyó vizet és a gyűjtőgödörbe állított mérő- (ülepítő-) edényekbe (3.3) vezette. A területről az összes (mérésenként $50\text{--}300$ liter) lefolyó vizet összegyűjtöttük és a folyamatidő rögzítése mellett megmértük. A kapott adatokból a lefolyás-intenzitás változásai követhetők. Ennek, és a „csapadékterhelésnek” ismeretében a talaj – aktuális fizikai állapotából következő – eső-befogadó és eső áteresztő képessége is meghatározható.

A víz és a lehordott talaj szétválasztására az összes felfogott tételt $15\text{--}25$ literes edényekben 3 napig ülepítettük, majd lefejtéssel szeparáltuk. A mérés után rögtön kitudt, hogy a területen az erózió mértéke nem számottevő, erre a lehordott anyag minimális mennyiségéből azonnal következtethettünk.

4.5.5. Talajok víznyelő- és vízáteresztő-képességének vizsgálata esőszimulátorral

A Pannon R-02 esőszimulátorral végzett mérések során lehetőség nyílt a vizsgált parcella konstans vízáteresztő képességének meghatározására. A módszer nagy előnye, hogy a hagyományos módszerekkel (keretes beáztatás, laboratóriumban vizsgált, bolygatatlan talajminta stb.) szemben a helyszínen, természetes körülmények között, „in situ” mérhető, a vizsgált terület pedig 12 m², amely nagyságából adódóan sokkal jobban tükrözi a talaj inhomogenitását.

Adott nedvességtartalmú talaj a felületére érkező csapadékot – annak intenzitásától függően részint elnyeli, részint a gravitációnak megfelelően – a felszínen elvezeti. A talaj víznyelő képessége nagyban függ annak nedvességi állapotától. A száraz talajra érkező csapadék kezdetben nagy intenzitással szivárog a talajba, és – többek között – hozzákötődik az ott található agyagásványokhoz. Ezek a vízfelvétel során megduzzadnak, ennek következtében leszűkítik a talaj gravitációs pórusterét. A gravitációs pórustér lecsökkenésének következményeként a talaj vízbefogadó képessége is folyamatosan csökken.

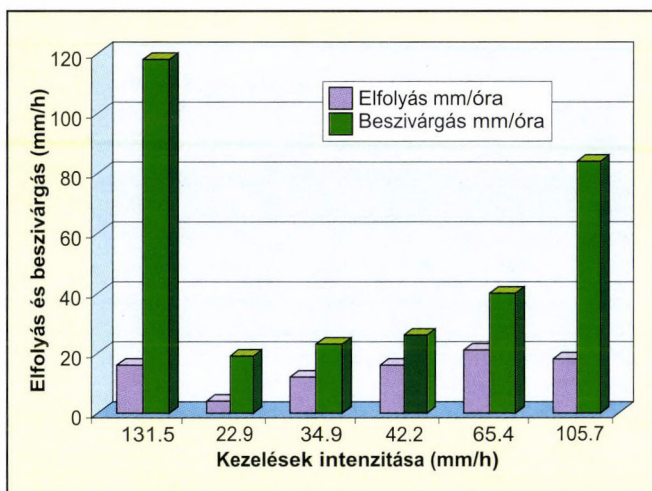
A csökkenés mértéke egyre inkább lassul, míg végül a felszíni rétegben található összes talajkolloid és agyagásvány beduzzad, a pórustér nem szűkül tovább és a talajréteg nem képes további víz befogadására. Ebben az állapotban a felszínen csak annyi víz jut a talajba, amennyi a rétegből lefelé (esetleg oldalt) eltávozni képes. A talajréteg illetően módon beálló konstans víznyelését nevezzük *vízáteresztésnek*. Az egymás alatt elhelyezkedő rétegek eltérő tulajdonságaiból adódóan a terület vízáteresztését a felszínhez közeli legkisebb vízáteresztésű réteg limitálja.

A mérések során a parcellát egy adott intenzitású esővel folyamatosan öntözve addig nem tapasztalható elfolyás, amíg a talaj vízáteresztő képessége nagyobb az eső intenzitásánál. Abban a pillanatban, amikor e két érték egyenlővé válik, a talaj felszínén megjelenik a lassan lefelé mozgó vízfilm (a talaj „kifényesedik”). Ettől kezdődően a vízfolyás intenzitása folyamatosan növekszik, ami fordított arányú a talaj víznyelő képességének csökkenésével.

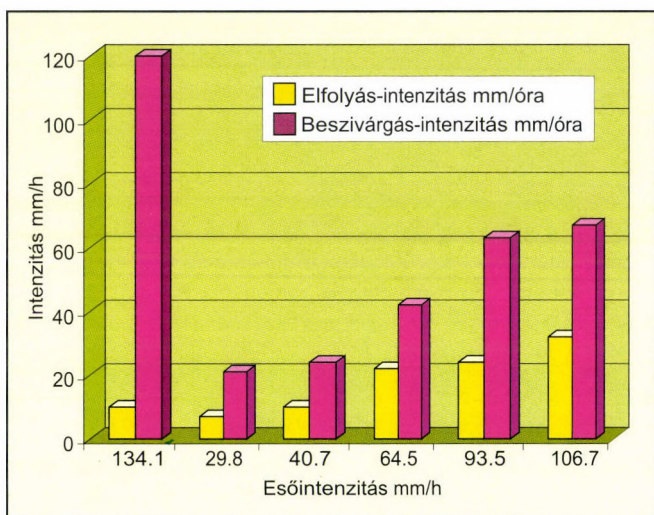
Az értékelhető méréseket a beöntözés után 24 órával végeztük, immár közel szántóföldi vízkapacitásig feltöltött nedvességtartalmú talajon. Eredményül az alábbi értékek adódtak (4.5. táblázat, 4.8. és 4.9. ábrák) Az 1 számmal kezdődő jelek a földes kopáron, a 2 számmal kezdődőek a csernozjom barna erdőtalajon mért értékeket jelentik.

4.5. táblázat. A vizsgált talajok elvi víznyelés értékei eltérő csapadékintenzitások mellett

Mérés jele	Eső intenzitás (mm/h)	Elfolyás intenzitás (mm/h)	Elvi víznyelés (mm/h)
1.2.	22,9	3,32	19,57
1.3.	34,9	11,62	23,28
1.4.	42,2	14,71	27,49
1.5.	65,4	13,10	42,30
1.6.	105,7	18,63	87,07
2.2.	29,8	8,58	21,22
2.3.	40,7	14,43	26,27
2.4.	64,5	21,51	42,99
2.5.	93,5	27,59	65,91
2.6.	106,7	34,26	72,44



4.8. ábra. Az elfolyás- és beszívágás-intenzitás alakulása különböző esőintenzitások esetén, földes kopáron



4.9. ábra. Az elfolyás- és beszívágás-intenzitás alakulása különböző esőintenzitások esetén, csernozjom barna erdőtalajon

Szembevetendő, hogy a talaj víznyelése egyik parcella esetében sem egy állandó érték, hanem az esőterhelés intenzitásának növekedésével nő. E jelenség a talajfelszínen megjelenő megnövekedett víztömeg növekvő nyomásával magyarázható. A hagyományos módszerek a talaj víznyelését a csapadékintenzitástól függetlenül állandó vízborítás mellett mérik. Ha azonban a felszínen tartózkodó víznek nem csak egy irányba (a talajba) van távozási lehetősége, hanem a felszínen lejtőirányba is megindulhat (ahogy a folyamat a természetben is lejátszó-

dik), akkor a víznyelés intenzitása már nem csak a feltalaj tulajdonságaitól, hanem a területen egyidejűleg levő víz mennyiségétől is függ.

Mivel a víznyelés e módszer esetén közvetetten, a terhelés és az elfolyás különbségének számítjuk, így értékében szerepel minden olyan vízmennyiség, amely esőcseppek formájában elérte a felszínt, de nem folyt el. A felszín elérése azonban nem jelenti feltétlenül a talajra érkezést. A növényvel borított talajon a csapadék egy része megül a leveleken és különböző föld feletti részekben, majd onnan elpárolog (intercepció). Ez a vízmennyiség tehát nem szivárog a talajba a mérés ideje alatt és nem is folyik el, csakúgy mint a parcella mikrodomborzatából adódó helyi mélyedésekben megülő, tócsákban ideiglenesen tározódó csapadék.

4.5.6. A talajelhordás mennyiségének vizsgálata

A folyamat bekövetkeztéhez alapvetően szükséges, hogy a víz rendelkezék akkora energiával, amely képes legyőzni a talajszemcsék, mikroaggregátumok egymást összetartó erejét. Ez az energia egyrészt kémiai, másrészt mozgási energia lehet, amelyek kiegészítik egymás hatását.

Ha a talaj már nem képes magába fogadni a felületére érkező vizet, az a lejtőn megindulva a nedvesség által már peptizált aggregátumokat könnyen megbontja és magával ragadja.

A lefelé hulló csepp – átmérőjétől függően – jelentős kinetikai energiával rendelkezik. Becsapódáskor ezen energia egy része az aggregátumok „szétrobbanását” okozza (csepperózió). A csepperózió jelensége akkor válik különösen számottevővé, ha a területen már kialakult a felszínt borító, lassan lefelé mozgó vízfilm. A szétrobbanó szemcsék törmelékei így ugyanis nem a talaj felszínére hullanak vissza, hanem a lefelé mozgó vízrétegre, amely ez esetben sokkal könnyebben ragadja azokat magával.

Az öntözés hatására a felszínen elmozduló (lefolyó) víz mennyisége, e mennyiség lefolyásához szükséges idő, valamint a víz által szállított hordalék mennyisége jelentősen változott. Az esőterhelés végeztével a területen több-kevesebb víz tározódik a talajfelszínen. E víztömeg egy része a talajba szivárog, más része pedig lefolyik. A kezelések utolsó sorában ennek az „eső utáni” elfolyásnak az adatai találhatók.

A lefolyó víz mennyisége párban a lefolyás időadataival igazolja, hogy állandó intenzitású esőterhelés mellett kezdetben egységnyi idő alatt mind több és több víz távozik a területről. A növekvő ütemű elfolyás és a hordalékszállítás között azonban jelen esőterhelésnél, kezeléseken belül nem mutatható ki igazolható összefüggés.

Ennek okai egyrészt a mikrodomborzat inhomogenitásában (krotovinák és ezek esetleges átszakadása, lineáris elemek területen belüli áthelyeződése, az eső hatására bekövetkező folyamatos mikrodomborzat változás), másrészt a növényzet talajvédő szerepében keresendők.

A talajelhordás mennyiségéért nem elsősorban a növekvő víztömeg, sokkal inkább a talajfelszín elért cseppek száma és kinetikai energiája a felelős. Ezt látszik alátámasztani az esőztetés befejezése után a területről lefolyó víz hordalékszállító képessége. Ez az érték egyik kezelés esetében sem éri el az esőztetés átlagos egységnyi vízre jutó hordalékszállítását.

Összefoglalásként megállapítható, hogy az esőszimulátorral végzett erodibilitási vizsgálatok eredményeit – véleményünk szerint – jól jellemzi a hordalékszállítási adatokból számolt matematikai átlag.

Mivel a parcellákat mind száraz, mind nedves talajállapot mellett, széles spektrumú csapadék intenzitásokkal esőztettük (Magyarország éghajlata alapján igen csekély visszatérési valószínűségű, szélsőségesen nagy intenzitásokkal is), az átlag jó közelitással becsüli az adott növényfedettségű területek potenciális talajvesztését egységnyi lefolyó vízre. A *földes kopáron* mért hordalékszállítási átlag $0,77 \text{ gramm/liter}$, ugyanez az érték *csernozjom barna erdőtalajon* $0,08 \text{ gramm/liter}$.

Összehasonlításképpen álljanak itt a Balaton vízgyűjtő területén domináns talajokon különböző növényborítottság és művelésmód mellett mért adatok átlagai: 4,9–28 gramm/liter. Összességében megállapítható tehát, hogy a vizsgált talajok és lejtésvizonyok esetében az aktuális területhasznosítás és növényzet mellett az erózió általi veszélyeztetettség minimális.

4.6. A talajeróziós mérőkerthben elvégzett parcellakísérlet eredményei

4.6.1. A parcella kiépítése

Az eróziós mérőkert a nemzetközi gyakorlatban elfogadott és az Msz 20133 szabványban leírt WISCHMEIER–SCHMIDTGH féle parcella paraméterei alapján lett kialakítva (4.4. kép). A telephely Ny-i és K-i lejtőjén, a kettős kerítéssel határolt birkalegelőn jelöltük ki a 9%-os lejtéssel rendelkező mintaterületet. A szabványban előírt $22,4 \times 1,98 \text{ m}$ alapterületű, egyenletes lejtésű, gyomtalanított lejtőszakaszt bádoglemezekből álló oldalfal különíti el a környezettől. A parcella alján szintén bádogból készült, háromszög alakú terelő biztosítja a területről lefolyó víz, ill. erodálódó anyag összegyűjtését. Ez utóbbi felfogása egy fedővel zárt mintavételi dobozba betorkolló, majd a hordalékszűrés után elvezetett víz egy 60 literes hordóban kerül mérés és további ülepítés céljára (4.4.–4.5. kép). A lefolyó víz mennyiségének kézi méréssel történő megállapításán túl lehetőség nyílik annak automatikus mérésére is, Databox rendszer segítségével.

A mintavételi dobozba egy 2 bemeneti csatornával rendelkező számítógépes adatgyűjtő került beépítésre. A Databox alkalmas a szűrő alá felszerelt, fél literes kanalakkal ellátott billenecs által küldött impulzusok alapján a lefolyó vízmennyiség megállapítására. A másik bemeneti csatorna alkalmassá teszi a műszert a feltalaj nedvességtartalmának folyamatos (percenkénti) rögzítésére. A legfeljebb 1 hónapos adattárolási kapacitással rendelkező Databoxból az adatok áttöltése a helyszínen laptop számítógéppel történik.

A mérőállomás 1999. okt. 13-án kezdte működését. A téli időszak során nem volt megoldható a műszerek fagyásgátlása, ezáltal nem álltak rendelkezésre a csapadékintenzitás (ombográf) és a lefolyás hidrográf (databox) adatok. A lehordott talaj (519 g) és a lefolyt víz mennyisége (49 l) azonban ismert. A fagyveszélyes időszak végével, 2000. márc. 22-étől a parcellán a kumulatív mérésről álltunk az egyedi csapadékeseményekhez kötődő eróziós folyamatok adatainak rögzítésére. A mérési eredményeket a 4.6. táblázat foglalja össze. A 4.10. ábra az ápr. 25-én regisztrált eső hidrográfját mutatja be.

Sajnos, a vizsgált időszakban csupán 4 olyan csapadékesemény volt rögzíthető, amely eróziót okozott. A monitoringozás folytatása, valamint a telephely területén felállított és május óta működő meteorológiai állomás automatizált mérési eredményei garantálják egy teljes esztendő során lepusztuló talajmennyiség és az adott évre érvényes esőenergia meghatározását. Ennek a két adatnak a segítségével kiszámítható a parcellákon található talajok erodibilitását jellemző K faktor.



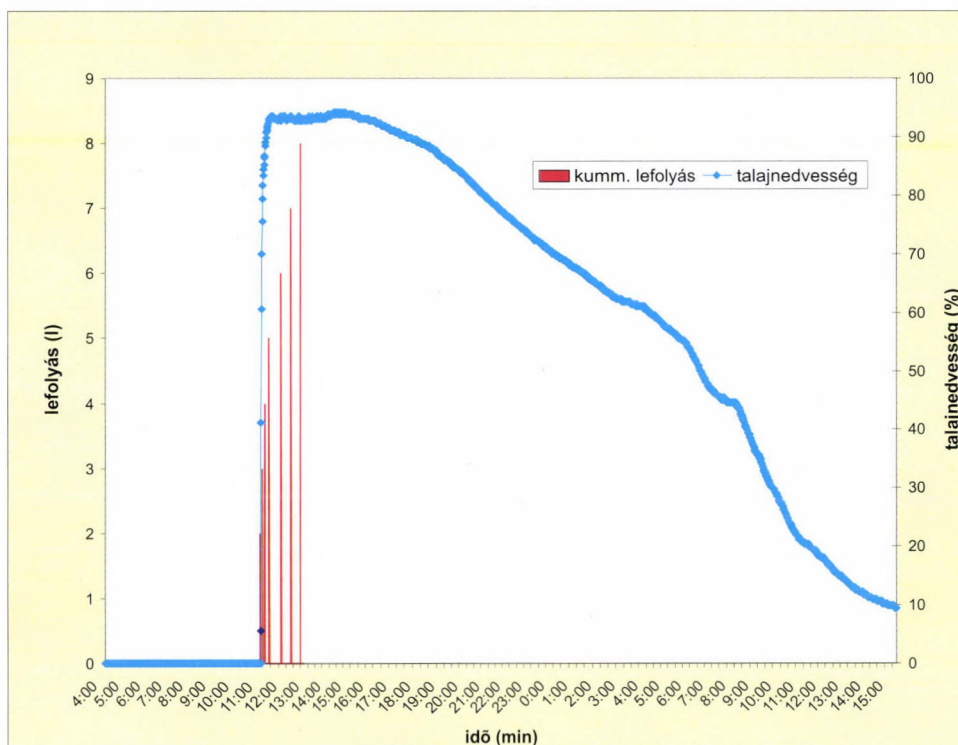
4.4.–4.5. kép. Eróziós mérőkert az RHFT telephelyének K-i lejtőjén. A parcella felső (balra) és alsó része (jobbra) a mintavételi dobozzal

4.6. táblázat. Az eróziós mérések eredményei négy csapadékos napon

Csapadék ideje év/hónap/nap	Parcella kód	Hullott eső mm	Lefolyt víz mennyisége liter	Szűrő tömege gramm	Szűrő+talaj tömege gramm	Elhordott talaj tömege gramm
2000.04.02.	A	18,5	—	120,0	302,0	182,0
	B		—	80,0	123,0	43,0
2000.04.06.	A	25,7	—	404,0	434,9	30,9
	B		—	82,4	86,2	3,8
2000.04.25.	A	8,0	8,0	404,5	518,0	113,5
	B		6,0	406,5	517,5	111,0
2000.05.22.	A	10,6	22,5	404,0	662,3	258,3
	B		22,5	401,7	588,1	186,4

4.6.2. A „K” erodálhatósági tényező meghatározása

Az erodálhatóság minden talaj konkrét, számszerű jellemzője, amely megmutatja, hogy azonos lejtés, fedettség, művelés és csapadék viszonyok között az adott talajról mennyi hordalék távozik. Értéke nem köthető egyes talajtulajdonságokhoz, de több jellemzővel is szo-



4.10. ábra. A 2000. IV. 25-én esett 8 mm eső okozta elfolyás, és a talajnedvesség változása. Elhordott talaj mennyiség: 113,5 gramm

ros korrelációban áll. Meghatározása talajtani paraméterek alapján, számítással, vagy az általános talajvesztési egyenlet felhasználásával, kísérleti mérések útján végezhető. Az egyenlet a következő:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P,$$

ahol A = egységnyi területre eső, egységnyi idő alatt fellépő talajvesztés (t/ha), R = esőté-
nyező (egységnyi idő alatt a területet terhelő záporok eróziópotenciálja), K = a talaj erodál-
hatóságát kifejező tényező, L = a lejtőhosszúság tényezője, S = a lejtőhajlás tényezője, C = a
növénytermesztés és gazdálkodásmód tényezője, P = a talajvédelmi eljárások tényezője.

A felsorolt tényezők számszerű adatait az USA-ban folytatott nagy tömegű kísérlet
adatai alapján határozták meg és kapcsolták össze tapasztalati alapon. A vizsgálatok 22,1 m
hosszú, 9% lejtésű, hegy-völgy irányban művelt, legalább 2 évig szántott, de növénymente-
sen tartott parcellákon folytak, ilyen körülmények között mérték az elhordott talaj mennyisé-
gét. Vagyis az L , S , C , P tényezők a fent leírt állapotban tekinthetők standardnek, azaz érté-
kük ilyenkor 1. Tehát e parcellákon az elhordott talaj mennyisége az eróziós potenciál (R) és a
talaj erodálhatóságának (K) szorzatára egyszerűsödik. Ilyen, standard körülményekkel bíró
parcellák telepítésével, a körülmények fenntartásával, valamint az elhordás és esőterhelés pon-
tos nyomon követésével mérés útján meghatározható a K érték.

A kísérleti méréseket továbbfejlesztve újabb parcellák felállítására került sor. Ezek a parcellák az eredeti, standard parcelláktól csak egy meghatározott tényezőt tekintve különböznek. Az ily módon nyert új lefolyásértékek összehasonlítva az eredeti parcellák lefolyásértékeivel lehetőséget adtak a vizsgált tényező számszerű értékének meghatározására. Ennek alapján, kellő számú mérés birtokában meghatározható az összefüggés a tényező egyenletbeli értéke és a területi adottság között, vagyis minden egyes lejtőhajláshoz tartozik egy S érték, minden lejtőhosszhoz egy L érték etc.

Az L , S , C , P tényezők tehát dimenzió nélküli viszonyszámok, amelyek azt mutatják meg, hogy a vizsgált terület lejtése vagy lejtőhossza mekkora hatással van a talajelhordásra a 9%-os vagy 22,1 m hosszú lejtőhöz képest. Vagyis az A talajelhordás t/ha mértékegysége kizárólagosan az $R \times K$ szorzatból vezethető le. Az eróziópotenciál (R) mértékegységeként – számítása alapján – az SI rendszerben a $\text{KJ/m}^2 \text{ mm/h}$ dimenzió adódik, amely egyszerűsítés után N/h . A $K = A/R$ összefüggés alapján az erodálhatóság (K) mértékegysége t/ha/N/h . Tehát a K érték azt mutatja meg, hogy 1 Newton erő 1 óra alatt 1 hektár területről hány tonna talajt tud elhordani.

Állandó területnagyság és lejtés mellett az esőintenzitást és mennyiséget és az elhordást mérjük. Ha ezeket a vizsgálatokat – az egyszerűség kedvéért – lejtőirányban művelt fekete ugaron végezzük, úgy a C , P tényezők értéke 1, az L , S tényezők értéke táblázatból meghatározható, az R értékét kedvünk szerint változtathatjuk, az A értékét pedig mérjük. Vagyis az egyenletből a K kivételével minden érték ismert, így lehetőség nyílik annak meghatározására.

Mivel az egyenlet eredetileg hosszabb időtáv összesített adataival dolgozik, ezért az egyedi mérések eredményei némiképp eltérhetnek a K érték meghatározásánál. A fekete ugar kritérium két évig növénymentesen tartott, de folyamatosan művelt (évente szántás és vetőágy készítés, gyomosodás és kéregképződés ellen alkalmankénti kultivátorozás) területet jelent. Nyilvánvaló, hogy a szántást követő napon más lesz a talaj vízbefogadó képessége, erodálhatósága, mint vetőágkészítéskor vagy hosszasan bolygatatlan állapotban, ülepdedten. Éves viszonylatban ezek az értékek átlagolódnak.

A telephely környezetében található gyeptakaró C -faktorának ismeretében (0,1), az adott talajtulajdonságokkal rendelkező, tetszőleges hosszúságú és meredekségű lejtőn várható talajpusztulás az USLE egyenlet segítségével kiszámíthatóvá válik.

4.7. Összegző értékelés

A különböző vizsgálati módszerekkel lefolytatott eróziós kutatások eredményei alapján kijelenthető, hogy az RHFT környezetének talajerózió-veszélyeztetettsége összességében *enyhének* minősíthető. A vizsgálatok kimutatták, hogy sem a hosszú távú szimuláció esetén, sem pedig extrém intenzitású csapadékesemény hatására nem várható olyan mértékű talajpusztulás, amely a telephely biztonságos működését veszélyeztetné.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a kutatások a jelenlegi klímaviszonyok adottságait vették számításba, amelyekben akár 100 esztendőn belül komoly változások következhetnek be.

Az eltérő földhasznosítású lejtők, ill. lejtőszakaszok erodálhatóságának adatai jól mutatják, hogy bár a művelésbe vont területeken sem jelentős a talajpusztulás, a lényegesen jobb és főleg állandó borítottságot nyújtó legelőkön kisebb, sok helyen nagyságrendekkel alacsonyabb lenne a lehordódás, ha a kis terméseredményeket produkáló szántóterületek földhasznosítása megváltozna. Helyükön legeltetési állattenyésztés vagy pedig erdőgazdálkodás javasolt.

MEGJELENT

NAGYBERUHÁZÁSOK ÉS VESZÉLYES HULLADÉKOK TELEPHELY-KIVÁLASZTÁSÁNAK FÖLDRAJZI FELTÉTELRENDSZERE

Szerkesztette: Schweitzer Ferenc–Tiner Tibor

A műszaki nagylétesítmények optimális telephelyének kiválasztása nagy körültekintést és sokoldalú tudományos megalapozottságot igénylő feladat, amelyben a földrajztudományra igen jelentős szerep hárul.

Az MTA Földrajztudományi Kutató Intézetben 1991–1995. között elvégzett kutatómunka eredményeit összegző szakkönyv a nagyberuházások és veszélyes hulladékok elhelyezésének földrajzi kritériumrendszerét ismerteti. A napjainkban igen időszerű témát módszertani szempontból is sokoldalúan elemző kiadvány komplex megközelítésben tárgyalja a nagy gazdasági objektumok telepítésének természet-, gazdaság- és társadalom-földrajzi feltételeit, sorra véve valamennyi, a telephely kiválasztásában kulcsszerepet játszó földrajzi jellegű tényezőt. A könyv egyaránt jól használható a felsőoktatásban, a környezeti hatásvizsgálatok során, és a nagyberuházások döntés előkészítési fázisában. Ez utóbbiban azért is hasznos, mert előrejelzi a telephely-kiválasztás során várható gazdasági-társadalmi konfliktusok sajátosságait, ugyanakkor segítséget nyújt eredményes kezelésükhöz.

MEGRENDELŐLAP

Megrendelem a NAGYBERUHÁZÁSOK ÉS VESZÉLYES HULLADÉKOK TELEPHELY-KIVÁLASZTÁSÁNAK FÖLDRAJZI FELTÉTELRENDSZERE című könyvet példányban. Ára példányonként 600,-Ft (ÁFÁ-val), amely összeget átutalással/posta utalványon fizetem (a nem kívánt szöveg törlendő)

Megrendelő (intézmény) neve:

Címe:

Ügyintéző neve:.....

Bankszámla száma:

..... év hó nap

.....
aláírás-bélyegző

5. BEL- ÉS KÜLTERÜLETI VÍZHASZNÁLATOK, FÖLDHASZNOSÍTÁSI JELLEMZŐK

5.1. A vizsgált terület hidrogeográfiai viszonyai

5.1.1. Vízháztartási sajátosságok

A Kosdi-dombság D-i részén az évi csapadékösszeg 580–600 mm, amelyből 340 mm a vegetációs időszakra esik. A 24 órás csapadék maximum értéke 70 mm. Évente 35–40 napig takarja hó a felszínt, az átlagos maximális hóvastagság 20–22 cm.

Az objektum térségének sajátos hidrogeográfiai vonása, hogy a vidék az Északi-középhegység legszárazabb és legvízszegényebb területe, ahol az átlagos lefolyási értékek 0,5–2 l/s.km² között alakulnak, ami igen alacsonynak számít. A Kosdi-dombságnak valószínűleg emiatt is kicsi a vízfolyássűrűsége.

Az RHFT-től É-ra a Gombás-patak főmedrében állandóan 25 l/s vízhozam mérhető, amely a ritkán előforduló nagycsapadékok és hóolvasás idején akár 33 m³/s-ig is növekedhet. A telephely közelében a Némedi-patak és Szilágyi-patak völgyében levezetett vízhozamok éves átlagban 10–15 l/s között vannak. A Galga vízhozama a Galgamácsánál mért adatok alapján eléggé szélsőséges. A folyó vízhozama a kisvízi 0,045–0,6 m³/s-mal szemben nagyvíz idején elérheti a 40–50 m³/s értékeket is.

5.1.2. A felszín alatti vizek jellemzői

A talajvíz nyugalmi szintje az RHFT környezetében 16–22 m közötti, a mélyebben fekvő patakok menti alluviális térszíneken a talajvíztükör 3–5 m közötti értékekkel jellemezhető. A talajvízkutak hozama csekély, a kistáj egészére becslve is csak 25–30 l/s-ra tehető. A rétegvíz készlet sem haladja meg ezt az értéket. A mélyebb rétegek vízzáró tulajdonsága miatt az artézi kutak száma kevés.

Püspökszilágyon víznyerés céljából 1964-ben lemélyített fúrás 103 m-ben meddő eredményt hozott, míg a településtől ÉNy-i, DNy-i, ill. DK-i irányban 100–148 m mélységben voltak meddő vízkutató fúrások. A Galga völgyében jelentősebb számban fúrt kutak általában 24–94 m mélységben adtak elfogadható mértékben hasznosítható rétegvizet. Galgamácsa térségében egy kút nyomásállapota pozitív. A pozitív nyomásállapot valószínűleg a földtani rétegsorok nyomásából adódik.

A magasabban elhelyezkedő löszfelszíneken beszivárgó vizek hidrosztatikai nyomása az artézi kutakban nem érvényesül, mivel a csekély homokos víztároló rétegeket több tíz m vastag oligocén üledéksor zárja. A beszivárgó vizek nagy részét a völgytalpak időszakos és állandó vízfolyásai megcsapolják.

A mélyebb oligocén rétegek nyugalmi vízszintje a fúrások tapasztalati eredményei alapján erősen negatív. Az uralkodó mélybeli vízáramlás iránya a Galga süllyedéke felé irányul, mivel D felé a Pannóniai összet erősen agyagos és vízrekesztő.

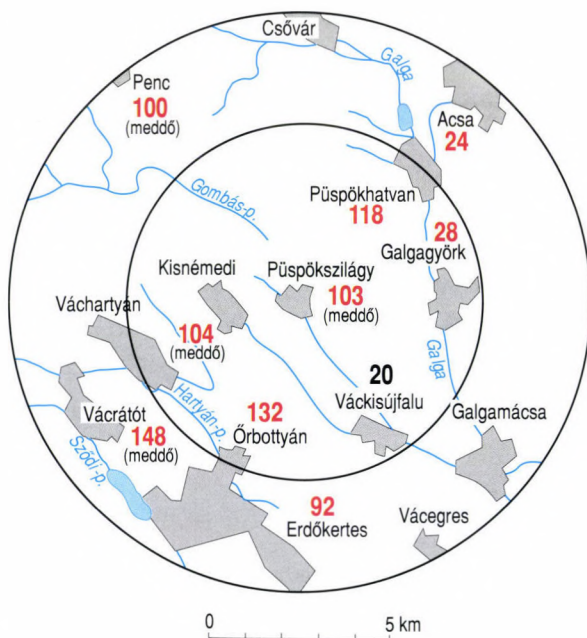
A terület mélyfúrású kútjaira a változó mélység a jellemző (5.1. ábra), ahol az értékek 20–150 m között alakulnak. Az artézi kutak hozama (5.2. ábra) a Kosdi-dombság vizsgált területén igen bizonytalanul értékelhető a kevés számú és meddő fúrás miatt. Vízhozamok a Gödöllői-dombság kistáján 4–97 l/p, míg a Galga völgyében 35–251 l/p. A víztermelés szempontjából fontos fajtágos hozamok mindenütt nagyon alacsonyak (5.3. ábra).

A vizsgált objektum körzetében a talajvizek helyenként nitrátosak, emellett néhol kemények és szulfátosak is. Túlnyomóan kalcium–magnézium–hidrogénkarbonátos jellegűek, aránylag nagy oldott anyagtartalom mellett.

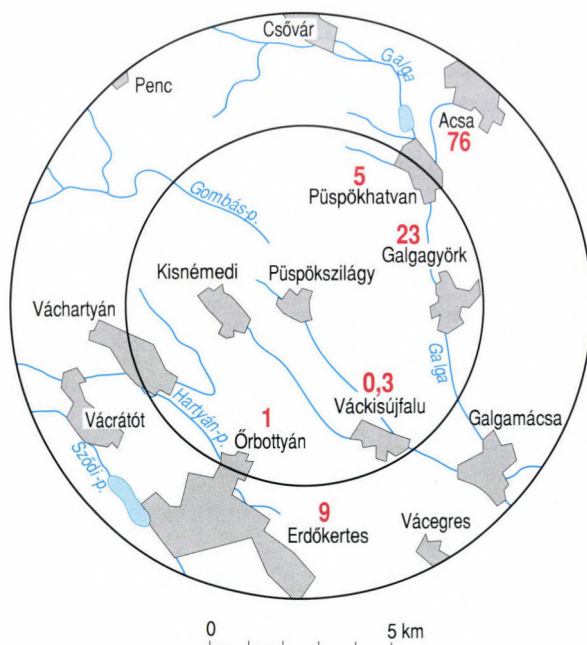
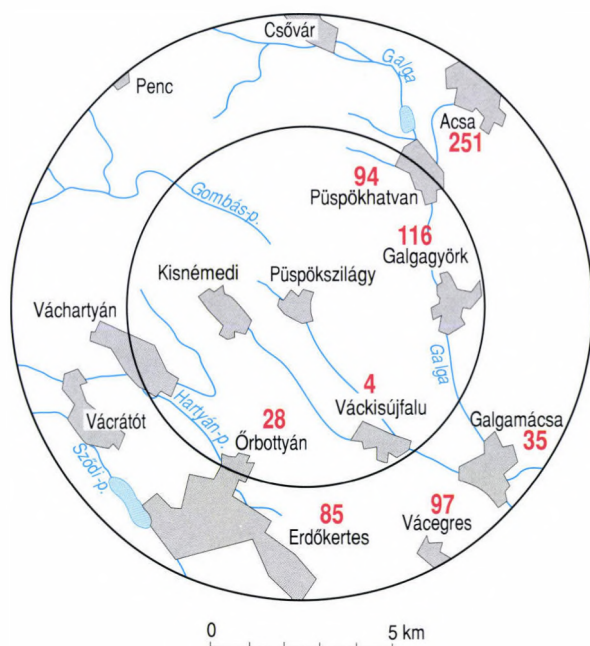
A rétegvizek a középső-oligocén agyagos összlet homoklencséiben tárolódó bróm és jód tartalmú rétegeit szénhidrogén és sókutató fúrások tárták fel Veresegyház környékén. A szerkezeti csapdákban feldúsuló NaCl-tartalmon kívül a J- és Br-tartalom is fosszilis rétegvízre utal.

5.2. A vízügyi infrastruktúra kiépítettsége és tulajdonviszonyai

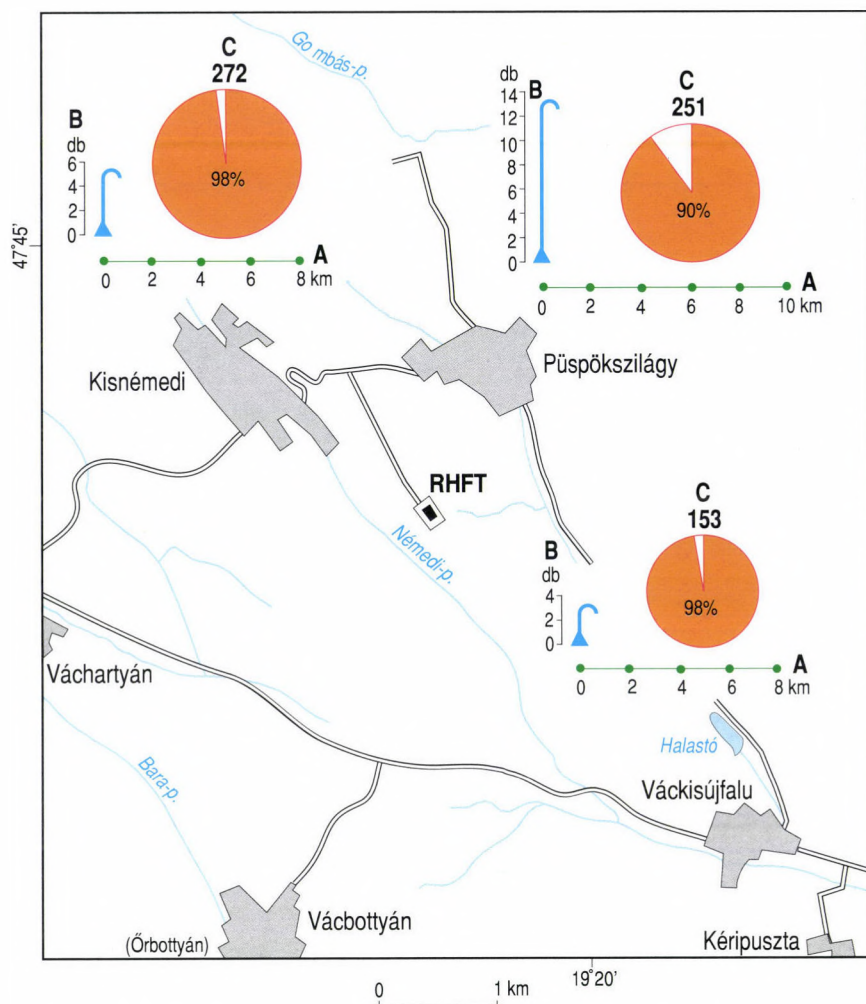
Az RHFT 3,5 km-es sugarú körzetében elhelyezkedő települések (Püspökszilágy, Kislémedi és Váckisújfalu) vízügyi infrastruktúrájának kiépítettségi színvonalát egyértelműen meghatározza a térség agrár jellege (az ipar teljes hiánya), az egyes községek alacsony (néhány száz fős) népességszáma, valamint az első két tényezőtől fakadóan a helyi vízügyi infrastruktúra fejlesztésére évről-évre rendelkezésre álló pénzügyi keretek szerény mérete.



5.1. ábra. A mélyfúrású kutak átlagos mélysége a vizsgált területen, m



5.2.–5.3. ábra. A mélyfúrású kutak abszolút (l/p) és fajlagos (l/p/m) vízhozama

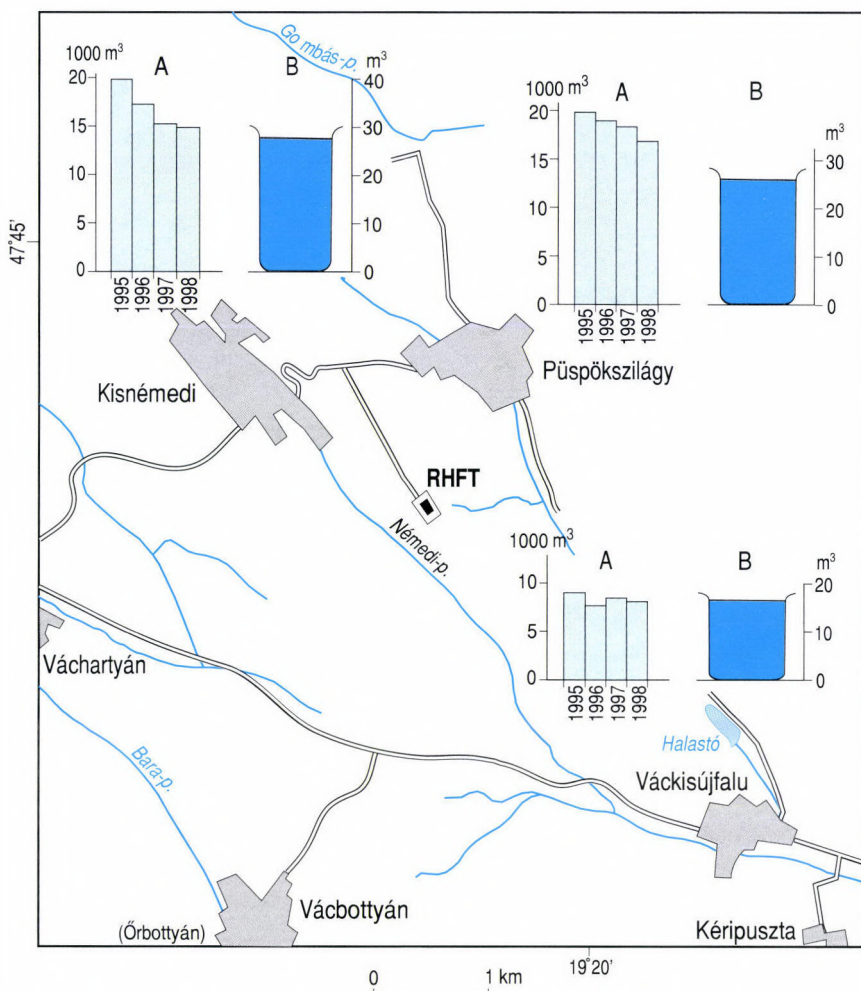


5.4. ábra. Közüemi vízellátottság a vizsgált térségben. A vízvezetékhalózat hossza (A), a közterületi kifolyók száma (B), a vízvezetékhalózatba bekapcsolt lakások száma és aránya (C)

Ez azt jelenti, hogy a három község vízügyi infrastruktúrája még 1999-ben is változó színvonalú és hiányos kiépítettségű volt, annak ellenére, hogy e téren az 1990-es években valamennyi vizsgált község esetében komoly mértékű fejlesztés zajlott le (5.4.–5.6. ábrák).

5.2.1. Püspökszilág

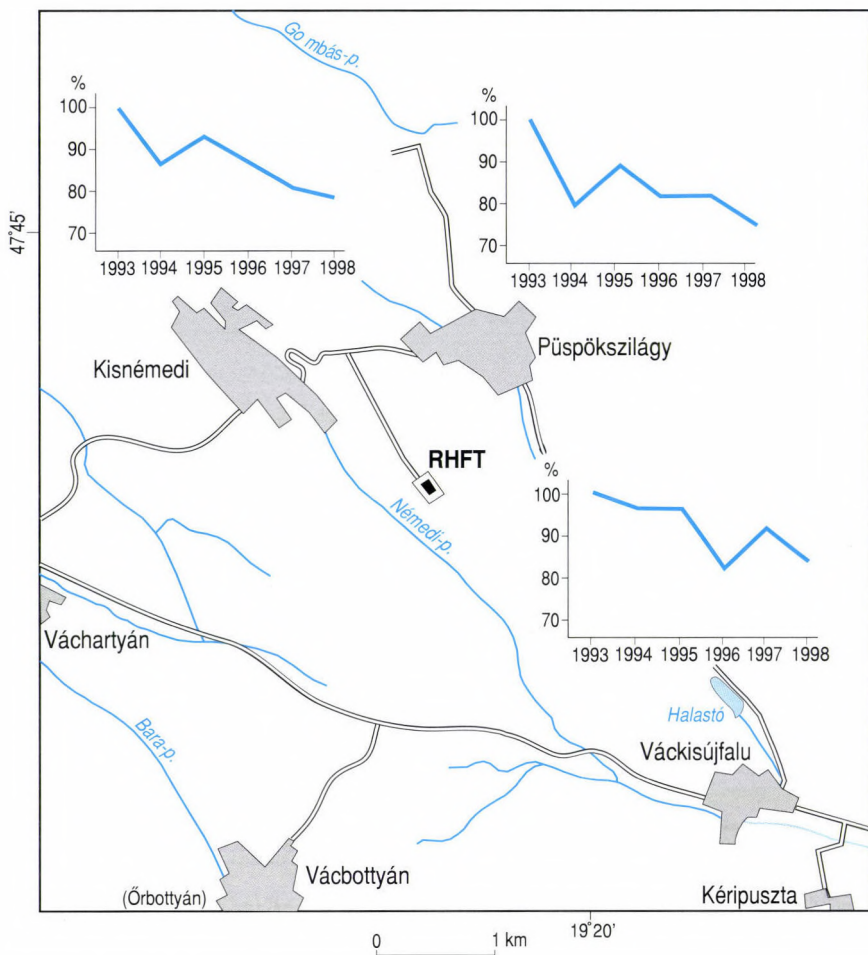
Püspökszilágban 1972-ben kezdődött meg a közüemi vízvezetékhalózat építése, hossza az 1990-es évek elejére elérte a 9,4 km-t, azóta nem változott.



5.5. ábra. Közütemi vízfelhasználás. A lakossági vízfelhasználás változása 1995–1998 között (A), egy főre jutó vezetékes vízfelhasználás 1998-ban (B)

Míg azonban a vízvezetékálózatba a község 277 lakása közül még 1993-ban is csak 154 lakás (a teljes állomány 56%-a) volt bekapcsolva, addig a rákövetkező 5 év során a község legtöbb lakóépületébe bevezették a vizet. Ennek eredményeként 1998-ra Püspökszilágyon a vezetékes vízzel való ellátottság elérte a 90%-ot.

A községben a csak udvari kifolyóval ellátott lakások száma 1995-ben még 91 volt, ami azóta folyamatosan csökken. E kifolyók vizét ma már nem közvetlen fogyasztásra, hanem inkább egyéb célokra (pl. háziállatok itatására, mosásra, kisebb mértékben öntözésre) használják. Ritkán veszik igénybe a község 12 közterületi kifolyóját, amelyek Püspök-szilágyon a legfontosabb utcákon lettek telepítve.



5.6. ábra. A teljes lakossági vízfelhasználás mennyiségének változása 1993–1998 között, %-ban (1993 = 100%)

Az itteni lakosság évi vízfogyasztása az 1990-es évek elején még lényegesen meghaladta a 22 ezer m³-t. A helyi népességszám csökkenése, de még inkább a vízdíjak komoly mértékű és évenként ismétlődő emelkedése miatt ez a mennyiség 1996-ra 19 ezer m³ alá, 1998-ra pedig 17 ezer m³ körülire csökkent. Ez 25,2 m³/lakos fajlagos értéknek (vagyis 69 l/fős napi vízfelhasználásnak) felel meg.

Ehhez az értékhez járul még kb. 9–13 ezer m³-nyi, locsolásra felhasznált, más forrásból (főként ásott kutakból, ill. a községen ÉNy–DK irányban átfolyó Szilágyi-patakból) származó vízmennyiség.

A településen a domborzati és hidrográfiai viszonyok miatt a fűrt kutak száma csekély, a lakosság főként ásott kutakat használ nem ivóvíz célú vízigényeinek kielégítésére.

Püspökszilágyon a legnagyobb gazdasági célú vízfogyasztó hosszú ideig az Aranykalász Tsz volt, amely Vácartyán, Kisnémedi és Püspökszilágy közös termelőszövetkezet-

ként működött. A rendszerváltás után a közös tsz feloszlott, helyébe egy mezőgazdasági kft (Zöldmező Kft.) lépett. A kft. állattenyésztéssel nem foglalkozik, így jelentősebb vízfogyasztást eredményező állattartó telepe sincs a község területén. Megvan viszont a község É-i részén elhelyezkedő tsz területén a telep számára vizet szolgáltató hidrolóbusz.

A községben az állattartással foglalkozó magánvállalkozásokat egy baromfitenyésztő gazda képviseli, aki változó nagyságú csirkeállományának itatására évente kb. 2300–2500 m³ vizet használ. Püspökszilágysaját vízművel nem rendelkezik. A községet ivóvízzel a váci székhelyű Duna Menti Regionális Vízmű Rt. Vácról kiinduló vezetéken át látja el. A rendszer üzemeltetője a Vízmű Duna Balparti Üzemigazgatósága. A vízvezeték a községet Ny-i irányból éri el, s egy D-i leágazással az RHFT telephelyére is ezen keresztül jut el az ivóvíz.

A helyben keletkezett lakossági szennyvizet és folyékony hulladékot portánkénti emésztőgödörökben gyűjtik, amelynek egy része elszívárog. A folyékony hulladék kezelése helyben nem folyik, tartálykocsival való összegyűjtés után részben a Fővárosi Csatornázási Művek Csomádon üzemelő kezelőtelepére szállítják, részben az aszódi tisztítóműbe kerül, amelynek gazdája a Galgamenti Vízi és Csatorna Társulás (Aszód). Az egykori tsz saját derítőjében végezte a folyékony szennyezőanyagok kezelését. A derítők most is rendelkezésre állnak, viszont nem használják azokat.

A községben közüzemi szennyvíz elvezető csatornahálózat nincs. Megépítése tervbe van véve, de a tetemes költségek miatt egyelőre a finanszírozást segítő források és partnerek keresése folyik (pl. pályázati pénzek elnyerése, csatlakozási lehetőségek az aszódi Galgamenti Vízi és Csatorna Társuláshoz).

A helyi polgármester tájékoztatása szerint a megoldás e téren egy meglehetősen drága, de a három község együttes szennyvizének teljes tisztítására képes, Németországban kifejlesztett rendszer műszaki egységeinek (3 tartályos, komplex mechanikai–biológiai tisztítás) beszerzése lenne.

Egyelőre megoldhatatlannak látszó gond viszont, hogy egy ilyen korszerű, ám a helyi igényekhez képest túlságosan nagy teljesítményű műszaki rendszer kapacitása nem lenne megfelelően kihasználva (kb. 5000 fős lakossági létszámra tervezték). Így üzemeltetése végeredményben nem lenne gazdaságos, ha csupán a három község szennyvizét tisztítaná vele. Kistérségi szintű közműtársulás szervezése a jelenlegi körülmények között hosszú időt igénylő feladatot jelentene, aminek egyelőre nincs realitása.

5.2.2. Kisnémedi

A Püspökszilággyal Ny felől határos Kisnémediben szintén az 1970-es évek során épült ki a közüzemi vízvezeték hálózat. Hossza az 1990-es évek eleje óta 8,2 km.

A község vízvezeték-hálózatára rákötött lakások száma a hálózat üzembehelyezése óta folyamatosan növekedett. 1993-ban a település 275 lakásából már 207-be be volt vezetve a víz, ami akkor 75%-os ellátottságnak felelt meg. A következő években a lakások bekapcsolása a hálózatba tovább folytatódott, s 1999-re gyakorlatilag valamennyi lakóépületbe be van vezetve a víz, azaz a vezetékes vízzel való ellátottság mértéke lényegében elérte a 100%-ot.

1993 és 1999 között a község közterületi kifolyóinak száma a felére (10-ről 5-re) csökkent, ami a lakásokba bevezetett víz használatának dominanciáját jelzi.

A község minden negyedik portáján volt udvari kifolyó 1995-ben, amelyek vizét viszont egyre inkább a ház körüli célokra (állatok itatása, öntözés) veszik igénybe, ám a növekvő vízdíjak miatt e téren is egyre többen takarékoskodnak a vezetékes víz felhasználásával.

A helyi évenkénti vízfogyasztás alakulása Kisnémediben 6 év alatt mintegy 25%-os csökkenést mutat. Az 1992. évi 21 ezer m³ volumenű lakossági vízfelhasználás 1996-ban 18 ezer m³-re, 1998-ra közel 16 ezer m³-re esett vissza. Ez azt jelenti, hogy a fajlagos vízfogyasztás mennyisége 31,3 m³/lakos értékről 27,5 m³/lakos értékre csökkent. Helyi becslések szerint további 8–11 ezer m³ vizet használ a lakosság (részben ásott kutakból) öntözővíznek. A fűrt kutak szerepe a községi vízellátásban nem számottevő.

A községen ÉNy–DK irányban átfolyó, 11 km hosszú, és ugyancsak a Galgába ömlő Némedi-patak vizének igénybevétele csupán alkalomszerű. Kisnémedit – Püspökszilággyal együtt – a már említett Duna Menti Regionális Vízműből (Vác) kiinduló regionális vízvezeték látja el ivóvízzel. Vízmű nincs a község területén.

Kisnémediben a folyékony hulladék emésztőgödörkbe jut, ahonnan részben elszívárog a talajba, a többi szippantásos ürítéssel tartálykocsikba gyűjtik és a Galgamenti Vízi és Csatornázási Társulás aszódi tisztítóművébe szállítják ártalmatlanítás céljából.

Az 1970-es években a község fölött a Némedi-patakon létesített mesterséges tó elhanyagolt állapotban van, nem használják. Helyi szennyvízcsatorna hálózata – Püspökszilággyhoz hasonlóan – nincs a községnek. Egyelőre csak a Püspökszilággyal és Váckisújfaluval közös fejlesztési tervek között szerepel ennek a meglehetősen költséges vízügyi infrastrukturális elemnek a kiépítése, amihez meg kell szerezni a megfelelő nagyságrendű anyagi erőforrásokat.

5.2.3. Váckisújfalu

A váckisújfalui közülemi vízvezeték-hálózat hossza 7,3 km, megépítésére az 1970-es évek elején került sor. Az elmúlt 30 évben fokozatosan emelkedett a hálózatba bekapcsolt lakások száma. 1993-ban a 151 lakásból már a falakon belül volt a vezetékes víz, ami 73%-os ellátottsági értéknek felelt meg. 1999-re pedig szinte a teljes lakásállomány be lett kötve a hálózatba, így az ellátottsági érték 100%-osnak tekinthető.

1993 és 1999 között ötödére csökkent Váckisújfalu a közterületi kifolyók száma (15 db-ról 3 db-ra), amelyek a község főutcáján lettek elhelyezve, de a vezetékes vízellátás teljes körűvé válásával használatuk igen ritkává vált. A csak udvari kifolyóval rendelkező lakások száma már 1995-ben is csak 9 volt a községben, mára ez a fajta vízkivétel gyakorlatilag megszűnt. Használják viszont öntözésre és a háziállat állomány itatására az ásott kutakat és a falun átfolyó Szilágyi-patak vizét.

Váckisújfalu lakosságának évi vízfogyasztása már az 1990-es évek elejére 8 ezer m³-ben stabilizálódott, ami 1998-ra csak kis mértékben csökkent. A fajlagos vízfogyasztás értéke ennek megfelelően az 1993-as a 18 m³/fő értékről csak 17 m³/fő körüli értékre mérséklődött 1998-ra. Ehhez járul még egy kb. 6–9 ezer m³-es egyéb vízforrásból (kutak, patakvíz) eredő lakossági vízfogyasztás (öntözési, állattartási céllal).

Váckisújfalu Aszódról kapja a vezetékes vizet, és itt történik a faluban keletkezett folyékony hulladékok kezelése is a Galgamenti Vízi és Csatorna Társulás már említett szennyvíztisztító telepén.

A település D-i részén elhelyezkedő külterületen volt a Dunakeszi székhelyű Alagi Állami Gazdaság kéripusztai telepe. Ez a mezőgazdasági üzem, továbbá a galgamácsi székhelyű Galgamenti Összefogás Tsz volt a két legnagyobb vízfogyasztó a rendszerváltás előtt a községben. A két mezőgazdasági nagyüzemből Váckisújfalu külterületén már csak a jelenleg is működő Összefogás Tsz-nek van számottevő állatállománya.



5.1. kép. A Szilágyi-patak felduzzasztásával létrehozott mesterséges tó Váckisújfalu közelében

A község külterületének K-i részén elhelyezkedő állattartó telepen évente változó számú (1998-ban pl. 82 db-os) szarvasmarha állományt tartanak, amelynek itatására és gondozására évente mintegy 3000–3200 m³ vizet használnak fel.

A Szilágyi-patak táplálja vizével a község ÉNy-i részén ugyancsak az 1970-es években duzzasztással kialakított mesterséges tavat. A közel 30 ha kiterjedésű, lényegében 2 tóból álló állóvízrendszer halastóként funkcionál (5.1. kép.)

A felső – az alsó tónál lényegesen kisebb méretű – ivadéktelítő tó több év óta használaton kívül van, az alsó tóban viszont gazdag a halállomány. A tó halösszetétele vegyes, a pontytól a harcsáig igen sokféle halfaj megtalálható benne. Együttes mennyiségük 50–60 mázsára becsülhető. A horgászó használója az Összefogás Tsz hasonló nevű horgászegyesülete.

Mivel a tó befogadja az RHFT-nek helyet adó domboldal felől a Szilágyi-patakba befolyó vizeket, ezért a horgászó a radioaktív hulladéktároló biztonságos, a környezet szempontjából veszélytelen működésének ellenőrző pontjaként, mintegy „referencia” tóként is funkcionál.

Váckisújfalun szintén nem épült ki eddig a közütemi csatornahálózat, de a helyi önkormányzat tervei között szerepel a hálózat néhány éven belüli kiépítése. Ehhez keresnek folyamatosan pénzügyi forrásokat és a különféle pályázati lehetőségeket is igyekeznek igénybe venni.

5.3. A vízfelhasználásban várható jövőbeni változások

A vizsgált térség három községében az elkövetkezendő 4–5 évben a lakossági és a gazdasági célú együttes vízfelhasználás további mérséklődésével lehet számolni, noha a víz-

fogyasztás csökkenésének üteme alacsony marad, sőt fel lehet készülni hosszabb ideig tartó stagnálására is. A várható vízfogyasztás-csökkenés főbb okai a következők lehetnek:

- Püspökszilágy, Kisémedi és Váckisújfalu lakónépességének további lassú, ám folyamatos számbeli csökkenése, esetleg stagnálása;

- a vízdíjak várható folyamatos, az évi inflációs rátákat és a lakossági jövedelmek növekedésének mértékét meghaladó arányú emelkedése, ami továbbra is a vezetékes vízzel való fokozott takarékosagra ösztönzi a vizsgált községek lakosságát és – a jövedelmezőség függvényében – a kistérség gazdasági vállalkozóit is;

- a kistérség hidrológiai–hidrogeográfiai viszonyaiból fakadóan kicsi a valószínűsége, hogy a vizsgált községek bármelyikébe olyan ipari, élelmiszeripari vagy mezőgazdasági profilú cég telepedne meg, amelynek rentábilis működéséhez jelentős mennyiségű vízfelhasználásra van szükség. Hosszabb–rövidebb időre vonatkozóan viszont megállíthatja a jelenleg érvényesülő vízfelhasználás-csökkenési tendenciát a térség klímájának esetleges megváltozása, egy száraz, meleg, csapadékszegény periódus kialakulása.

Ha ugyanis ismét egy több éves, meleg, aszályos időszak köszönt rá a kistérségre, akkor minden bizonnyal az öntözési és az egyéb fajta vízfogyasztási igények növekedése következtében ismét növekedésnek indul a teljes és az 1 főre jutó vízfogyasztás. Ugyancsak a vízfogyasztás kisebb–nagyobb arányú növekedéséhez vezethet egyes vízigényes kisvállalkozások (zöldség- és gyümölcs termesztés, kisállat-tartás stb.) esetleges szaporodása a faluban, bár erre utaló jeleket egyelőre nem lehet felfedezni a községek gazdasági életének mai jellemzői alapján.

Fontos lenne viszont mielőbb megoldani a 3 községben a szennyvízcsatorna-hálózat megépítésének problémáját, amire környezetvédelmi szempontok alapján is rá fognak kényszerülni a falvak.

5.4. A terület földhasznosításának jellemzői

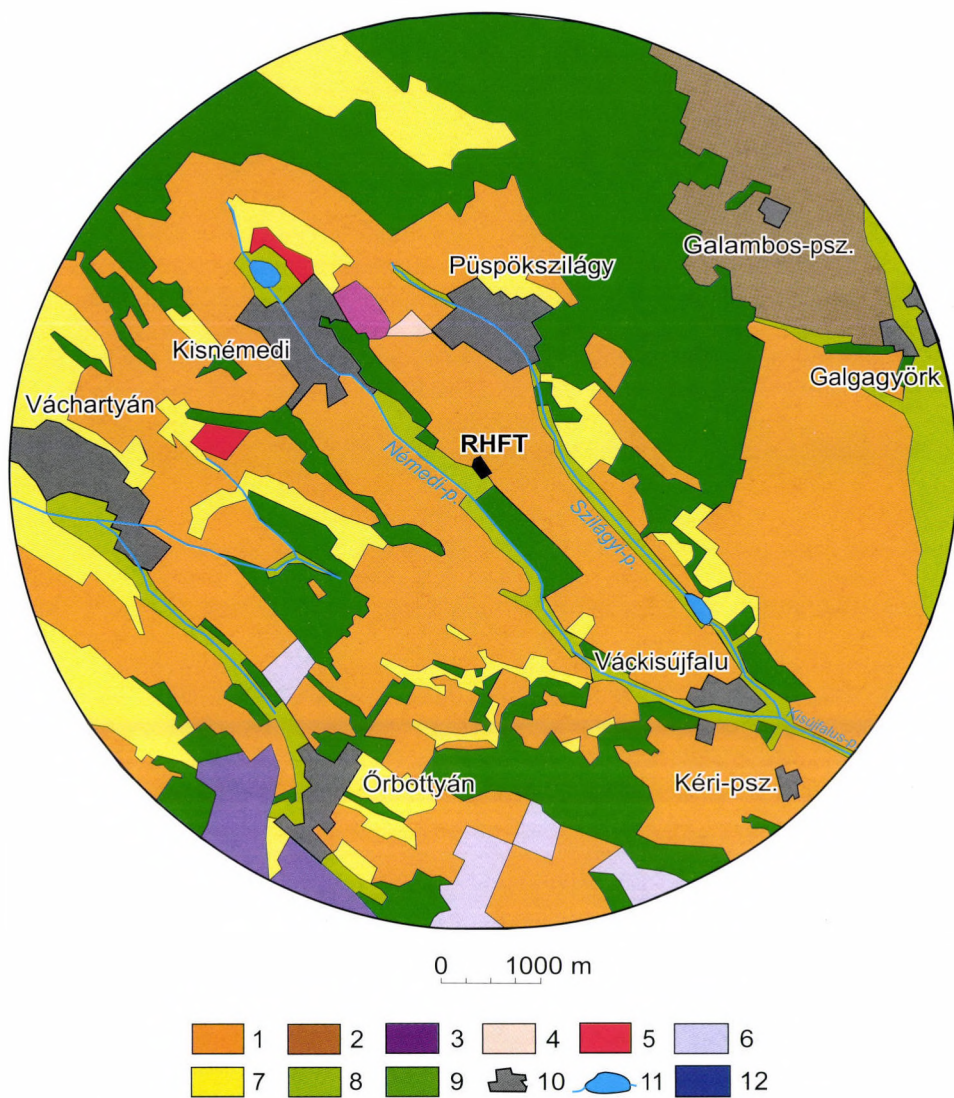
Az RHFT 3 km sugarú környezetének földhasznosítási térképe (5.7. ábra) megfelelő áttekintést nyújt a vizsgált térség mezőgazdasági földhasználatának fő jellemzőiről. A térképkivágat központi területe Püspökszilágy és Kisémedi bel- és külterületét fedi le, ami mintegy 3000 ha kiterjedésű és megfelel a volt kisémedi Aranykalász Mezőgazdasági Termelőszövetkezet területének.

Ezt a központi fekvésű területet K-en a Galgagyörkhöz tartozó szántó széles sávja határolja, amely az adott terület több mint 70%-át foglalja el. D és DNy felől a vizsgált terület Váckisújfalu, Váchartyán és a hozzá közeli Órbottyán határával érintkezik és e falvak kül- és belterületének is közel fele látható a térképrészleten.

A terület egésze a dombságokra jellemző földhasználati szerkezetet mutat, a szántó domináns ugyan, de az erdő és a különböző fekvésű gyepek (vizes és száraz rétek, legelők), valamint a szórvány kertek változatos kultúrtíjait alkotnak. Ebből a szempontból a települések határa három típusba sorolható:

- Püspökszilágy külterületére az *extenzív jellegű dombsági gazdálkodás* a jellemző (a szántó aránya 35%),

- ezzel ellentétes a terület K-i része (Galgagyörk), ahol a *szántó* aránya meghaladja a 70%-ot, míg



5.7. ábra. Püspökszilágy környékének földhasznosítása. – 1 = 15–20 AK közötti értékű szántó; 2 = 15 AK alatti értékű szántó; 3 = szőlő; 4 = málnás; 5 = gyümölcsös; 6 = kivágott gyümölcsös, részben szántó; 7 = száraz gyepek; 8 = nedves gyepek (rét és nádas) völgytalpon; 9 = erdő; 10 = belterület; 11 = halastó, patak; 12 = zártkert hétféle házzal

– az említett D-i sávban lévő falvak határa közepesen szántóföldi jellegű, de már felismerhető a nagyváros közelségének hatása, mivel jelentős a zártkertek kiterjedése.

A szántó Püspökszilágy és Kisémedi területén valamivel több, mint 1500 ha-t tesz ki, amely a két település között, a Nagydiós-tábla és a Baglyas közötti határt foglalja el. A szántó nagyobb összefüggő táblái a Favég, Szélesek és Szabad-földek teteje dűlők területén találha-

tók, amelyek jól művelhetők. E táblákat a nagyüzemi tagosítás során részben a szórvány szőlők és gyümölcsösök (dió) rovására meg is növelték. A szántók ugyan erózió-veszélyeztetett területek, aranykorona értékük ca. 15–16 között van, de országos átlag körüli gabonafélét adnak. Különösen tagoltak Váchartyán és Örbottyán szántói (Bagó-hegy), amelyeket csak az 1970-es években vontak művelés alá.

Ezzel szemben a terület K-i részén, a Galga völgyére leereszkedő lejtők szántói – Egres, Galambos, D-i irányban a Cseres és Cerina dűlők – kedvezőbb adottságúak, az aranykorona értékük is 16–17 között van. A gabonafélék mellett a *szálastakarmányok* termesztése volt a legelterjedtebb a nagyüzemi gazdálkodás idején, amelyek termesztése 1990 után erősen visszaesett, mivel a sertésstenyésztő telepek türesen állnak. Ugyanakkor a háztáji és kisegítő gazdaságok utódaiban a sertéstartás megmaradt, ezért pl. a kukoricatermesztés változatlan, ill. erős.

A térségben a *gyep* alig művelt, az egykori völgyi rétek és legelők elvadultak, a vízlevezetők feliszapolódásával és a növényzet elvadulásával a rétek egy részét mára a nádas foglalta el. A korábbi száraz legelőket cserjék nőttek be, az elhagyott szőlők és a felhagyott szántók inkább a parlag, mint legelő benyomását keltik.

A legnagyobb összefüggő gyepterület a Nagyszóri-völgyben van, amely a Honvédelmi Minisztériumhoz tartozik (lőtér). Az innen Ny felé nyíló völgy különösen jó mezoklimájú terület, üdülési–pihenési célra kiválóan alkalmas lehet a nagyváros közelében.

A *szőlő és gyümölcs* nem jelentős a terület földhasználatában. Szőlőt a Kisnémedi–Püspökszilágy közötti szántón telepítettek, amely jó művelési intenzitású. A szórvány szőlők közül csak az Örbottyán környéki szőlők (Homoki szőlők), egy része maradt meg amelynek nagy része azonban ma már elsősorban a hétvégi pihenést szolgálja. Az utóbbi évtizedben lendült fel a málnatermesztés, amely az ezzel foglalkozó háztartásoknak évi 300–1000 ezer Ft jövedelmet jelent.

Az *erdő* a térképkivágat közel harmadát fedi, amelynek 70%-a tölgy, de jelentős a gyertyán, a terület D-i részén pedig az akác. A viszonylag laza szerkezetű erdőállomány vadban gazdag, ami a terület jelentős gazdasági potenciálja.

A Szilágyi-patakon *halastó* is létesült, ami a helyi horgászszövetség tagjainak igényét elégíti ki, noha a tónak ennél nagyobb jelentősége is lehetne (falusi turizmus).

A lehatárolt terület nem minősíthető klasszikus városellátó területnek, bár az 1975–1985 közötti időszakban volt ilyen irányú törekvés. Az 1990 utáni átalakulás azonban megengítette ezt a földhasználati irányt.

A vizsgált térség földhasznosításában jelenleg két tendencia figyelhető meg:

- A legjobb szántókat a szövetkezeti földalapra ráépült vállalkozások jelentik, amelyek intenzív irányú fejlődése elképzelhető, de az ökológizálódásra is van lehetőség.

- A régi 2. sz. főúttól K-re vezető, új autót (2A) megépülése az ezredforduló időszakára közelebb vitte a főváros agglomerációs zónájához Püspökszilágy térségét, ami már közvetett hatásával is fellendítheti a városi népesség számára a térségben a hétvégi pihenést, sőt a városiak kiköltözését is, ami viszont erőteljesebb kultúrtáj-fenntartást tesz lehetővé.

Markáns javulást, ill. tájhasználat-változást e téren a Gödöllőt Váccal összekötő, s jelenleg már túlterhelt 2104. sz. közút főút színvonalúvá való átépítése jelenthetné, amely révén ugrásszerűen nőne a község és közvetlen környékének elérhetősége a budapesti agglomeráció külső gyűrűjéről.

Egészében véve a vizsgált terület „funkció-váltás” előtt, ill. annak a kezdeti fázisában van, a következő években szerény prosperálási folyamat is megindulhat.

6. A VIZSGÁLT TÉRSÉG TELEPÜLÉSEINEK DEMOGRÁFIAI SAJÁTOSSÁGAI

6.1. Bevezetés

A műszaki nagylétesítmények és a helyi lakosság kapcsolata Magyarországon évtizedeken keresztül nem számított témának. Az államszocializmus időszakának túlnyomó részében a legtöbb beruházásnál nem hogy a társadalmi, de még a természeti környezetet sem vették figyelembe. A lakosság meghatározó mértékben csak mint munkaerő jött számításba, a helyi társadalmak érdeke a gyárak, üzemek, egyéb objektumok telepítésénél lényegében nem volt tényező.

Ennek következtében számos esetben alakultak ki konfliktusok és feszültségek, ezek azonban a szocializmus „keményebb” időszakában csak látens formában jelentkeztek. Így jónéhány olyan eset is kialakult, amikor a létesítmény súlyosan nehezítette a helyi közösségek életkörülményeit és – lehetőségeit, esetenként pedig a szó szoros értelmében halálos veszedelemet jelentettek a környéken élőknek (pl. a nagytényi ólomfeldolgozó).

A szocializmus utolsó éveiben azonban ezen a téren is jelentős változások történtek, s a dunai vízlépcsők és az ófalui radioaktív hulladéktemető elleni tömegtiltakozások világossá tették, hogy a jövőben a helyi lakosság beleegyezése nélkül nagyobb műszaki létesítmény nem építhető többé. Ennek folyományaként egyértelmű lett, hogy a társadalomkörnyezeti hatásvizsgálat minden nagyobb beruházás szerves része kell, hogy legyen. Ennek elmulasztása esetleg súlyos következményű lakossági tiltakozásokkal járhat, aminek az ódiumát pedig a beruházók nemigen vállalják.

Így a teljesen új „zöldmezős” beruházásoknál eléggé tiszta a kép, ez nem mondható el azonban a rendszerváltozás előtt épült és még működő objektumokra. Ezek tömeges bezárása, vagy leállítása az utólagos lakossági tiltakozások következtében nyilván nem járható út, ennek katasztrofális következményeit az ország aligha tudná magára vállalni. Így a körületekintő eljárás ezekben az esetekben mindenképpen ajánlatos.

Az viszont már több mint kíváncsi, hogy a korábban létrehozott, de most, vagy a jövőben átépítésre, bővítésre, korszerűsítésre kijelölt műszaki nagylétesítmények társadalomkörnyezeti hatásvizsgálatát elvégezzék. Ez annál is inkább szükséges, mert ebben az esetben a helyi közösségek és az adott létesítmény „együttélésének” konkrét tapasztalatai is felmérhetők, a lakossági vélemény lényegesen megalapozottabb, mint egy teljesen új objektum létesítése esetén.

A fentiekben vázolt szituáció érvényes az RHFT esetében is. A létesítmény 1976-ban történt létrehozásánál a lakosság véleményére senki sem volt kíváncsi, a telepítésnél társadalmi tényezőket nemigen vettek figyelembe. Azóta eltelt negyed évszázad, a környező falvak lakossága jól-rosszul megszokta a létesítményt, az együttélés nagyobb konfliktusok nélkül zajlik (6.1.–6.2. kép).

Amennyiben minden a régi mederben haladna, talán nem is lenne szükség részletesebb társadalomkörnyezeti hatásvizsgálatra. Alapvetően módosult viszont a helyzet azzal, hogy komolyan szóba jött az RHFT modernizálása, felújítása, esetleges bővítése. A tervezett lépések már olyan mértékben változtatnák meg a korábbi állapotokat, hogy mindenképpen szük-



6.1. kép. Püspökszilágy látképe az RHFT irányából



6.2. kép. Az RHFT üzemi épületei, előtérben a lefedett tárolóhelyekkel

séges az RHFT és a lokális társadalmak kapcsolatának alapos felmérése. A társadalomkörnyezeti hatásvizsgálatokat elsősorban az alábbi területekre érdemes kiterjeszteni:

- az RHFT közelében fekvő települések (Püspökszilágy, Kisménedi, Váckisújfalu) népesedési jellemzőinek bemutatása,
- a lakosság RHFT-vel kapcsolatos ismeretei szintjének felmérése,
- a lakosság véleménye az RHFT-ről,
- az RHFT hatása az érintett települések társadalmára és gazdaságára,
- a lakosság véleménye az RHFT jövőjéről

6.2. A vizsgálatnál alkalmazott módszerek

A kutatást alapvetően meghatározta, hogy a társadalomkörnyezeti hatásvizsgálatokhoz a publikált statisztikai adatok csak kiegészítő elemként használhatók. Így a vizsgálathoz a népszámlálási kötetek és a Pest megyei statisztikai évkönyv népességre vonatkozó településsoros adatait tudtuk felhasználni.

Az elemzés meghatározó és érdemi része *kérdőíves felmérésen* alapult. A kérdőív összeállításánál támaszkodtunk a korábban Bátaapáti térségében végzett hasonló vizsgálat tapasztalataira, de figyelembe vettük külföldi felmérések módszertani eredményeit is (*lásd 163–164. old*).

Az így összeállított kérdőív két nagyobb blokkra tagolódott. Az első két kérdéscsoport a helyi társadalom népesedési jellemzőinek megismerését szolgálta. Az ezekre adott válaszok alapján térképezhető fel a vizsgált települések lakosságának összetétele nem, kor, családi állapot és iskolai végzettség alapján, s állapítható meg munkaröpiaci státusuk.

A második, nagyobb blokk több részterületre oszlott. A 3–8. kérdések lakosság migrációs magatartásához kapcsolódtak, különös tekintettel az RHFT ebben játszott szerepére. A 9–11. kérdésre adott válaszok alapján felmérhető volt a lakosság RHFT-vel kapcsolatos információs szintje. A következő két kérdés (12–13.) az egész problémakör egyik súlyponti területét érintette: van-e veszélyérzete a lakosoknak az RHFT-vel kapcsolatban, s ez hogyan alakult az elmúlt években. Végezetül feleletválasztós módszerrel 9 megállapítással kapcsolatban tudakoltuk a lakosság véleményét. Ezek több kérdéskörhöz tartoztak, de a megállapítások tudatosan nem alkottak logikai sort a kérdőíven: így akartuk elkerülni, hogy az egyik kérdés „vezesse” a másikat, s így torzítsa a válaszokat.

Mivel a vizsgálat kis népességszámú településeken történt, törekedtünk a teljeskörű mintavételre. Ennek megfelelően a kérdezőbiztosok a három falu valamennyi háztartását felkeresték a kérdőívvel. Különböző okokból Püspökszilágyon és Kisménedin kb. 25–30, Váckisújfalun pedig mindössze 4–5 esetben nem jártak sikerrel. Mivel 2000-re vonatkozóan a vizsgálat idején nem állt rendelkezésre hivatalos statisztikai adat a háztartások számáról, becslésekre kellett hagyatkozni. Ennek alapján eléggé határozottan állítható, hogy a háztartások legalább 90%-át mindhárom településben sikerült felmérni. Ez az arány már bőségesen elegendő a megalapozott állításokhoz.

A felmérés sikeréhez jelentős mértékben hozzájárult az is, hogy ezt a helyi viszonyokat jól ismerő kérdezőbiztosok végezték. Így a kívülállókkal szembeni idegenkedés fel sem merülhetett, s az ismert kérdezőbiztos személye eleve garanciát jelentett arra, hogy itt nem valami gyanús dologról van szó. Fontos tényező volt az is, hogy a polgármesteri hivatal mindhárom településben előre értesítette a lakosságot a felmérésről, így a kérdezőbiztosok a már felkészített embereket keresték fel.

A nagymennyiségű információ szükségessé tette a számítógépes adatfeldolgozást. Ezt Excel adatkezelő programmal végeztük. Az adatbázis felépítése lehetővé teszi, hogy a későbbiekben a kereszttöszefüggéseket és árnyaltabb kapcsolatokat esetleg SPSS-szel is vizsgáljuk.

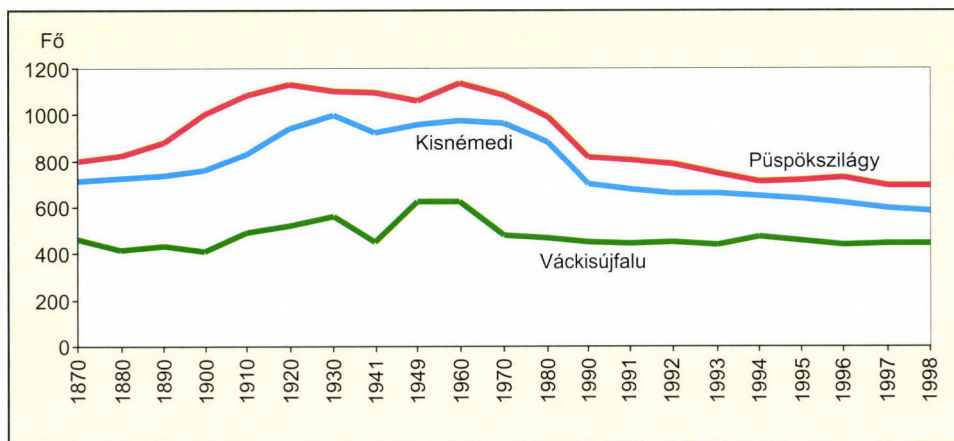
6.3. Népesedési háttér

Az RHFT néhány km-es körzetében három település is van, s ez első pillantásra azt sugallja, hogy itt sűrűn betelepült, ill. benépesült területről van szó. Valójában azonban más a helyzet, amit többek között a *népsűrűségi* adatok is jeleznek: Kisémedi, Püspökszilágy és Váckisújfalu közel 50 km²-es közigazgatási területén 1998-ban alig több mint 1700 lakos élt, ami kb. 35 fő/km²-es népsűrűséget jelentett. Ez az országos átlagnak mindössze 1/3-a.

Az említett három falu esetében lényeges tényező, hogy ezek a dombsági területeken gyakran előforduló kis- és aprófalvak, ráadásul *népességszámuk* csökken is. Az utolsó közel 130 év alatt a vizsgált települések a hozzájuk hasonló helyzetű magyarországi falvak jellegzetes népesedési pályáját futották be. Ennek lényege, hogy 1870-től indulva évtizedeken keresztül a népességszám lassan növekszik, 1960 táján eléri a maximumot, ettől kezdve pedig csökken a lakosság száma. Ettől a lefutástól csak Kisémedi tér el némileg, ahol a népszámlálási adatok szerint 1930-ban volt a népesedési csúcspont, ettől azonban az 1960-as érték alig tér el.

A globális folyamatokon belül a három falu azonban nem alkot egységes csoportot, mivel Váckisújfalu több szempontból is „kilóg” a képből. Erre a falura az a jellemző, hogy népességszáma jóval kisebb mértékben hullámozott, mint a másik két településé. Ezt többek között az is jelzi, hogy itt napjainkban is kb. annyian élnek, mint 1870-ben, a másik két településben viszont jóval kevesebben. Ugyancsak sajátos vonása Váckisúfalu, hogy itt nem alakult ki 1960 után az a gyorsuló népességfogyás, ami Kisémedi és Püspökszilágy esetében jellemző. Mindez érvényes az 1990-es évekre is: miközben Váckisújfalu népességszáma 1990 és 1998 között lényegében nem változott, a két szomszédos falu elvesztette lakosságának kb. 1/7-ét (6.1. ábra).

Váckisújfalu érzékelhetően jobb népességmegtartó képességének háttérében az húzódik meg, hogy itt az elmúlt évtizedekben a lakosságszám alakulását meghatározó *természetes szaporodás* és a *migráció* is kedvezőbben alakult. A különbség már az 1980-as években is markánsan jelentkezett, amikor Váckisúfaluban egy évtized alatt a természetes fogyás mindössze öt, a vándorlási veszteség pedig 14 főt tett ki, miközben az ennek megfelelő érték Kisémediben -66 és -115, Püspökszilágyon pedig -58 és -117 fő volt.



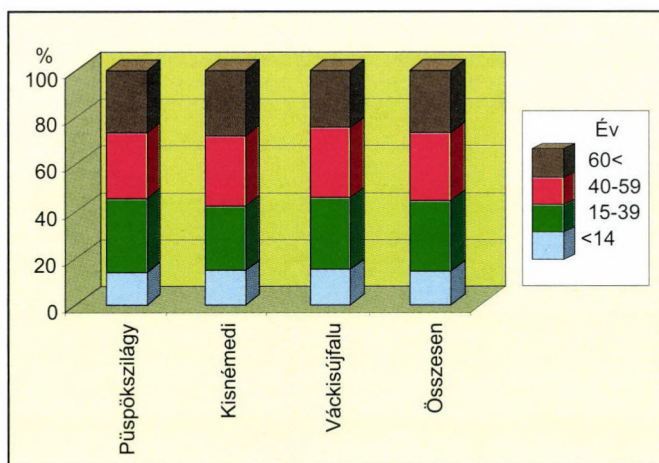
6.1. ábra. Az RHFT környezetében fekvő települések népességszámának alakulása (1870–1998)

Ezek a tendenciák némi módosulással 1990 után is folytatódtak. Váckisújfalu esetében figyelemreméltó, hogy az 1990-es az évtizedben a migráció nyereséges volt számára, jól lehet nem tartozik a budapesti agglomeráció szuburbán települései közé. A másik két települést nézve kitűnik, hogy a népességszám alakulásában Püspökszilágyon elsősorban a természetes népmozgalom játszott meghatározó szerepet, Kisémediben viszont a migráció és a természetes népmozgalom nagyjából hasonló súllyal szerepelt.

Más népesedési mutatókat nézve is kitűnik, hogy Váckisújfalu helyzete eltér a másik két településtől, s ezek a különbségek szinte mindig kedvező irányúak. Ezek közé tartozik, hogy Váckisújfalu korszerkezete az 1990-es adatok szerint érzékelhetően fiatalosabb, mint a két szomszédos községben (6.2. ábra). Ennek megfelelően a *korszerkezeti* adatokból számított demográfiai mutatók is itt a legkedvezőbbek: pl. a népesség öregedési folyamatát kifejező ún. előregedési index (100 gyermekkorúra jutó öregkorú) értéke Váckisúfalun 1990-ben 117, ugyanakkor Püspökszilágyon 165, Kisémediben pedig 169 volt. Az utóbbiak már közel kétszeresét jelentették a országos értéknek, tehát meglehetősen előrehaladott öregedési folyamatokra utalnak.

A különböző népesedési folyamatok eredményeként a három faluban teljesen eltérőek a *férfi–nő arányok*. Váckisúfalun pl. az a Magyarországon meglehetősen ritka helyzet állt elő, hogy itt több férfi él, mint nő: az 1990-es adatok szerint 1000 férfira mindössze 987 nő jutott. Az országos átlagnál alacsonyabb a mutató értéke Püspökszilágyon is (1027 nő jut 1000 férfira) Kisémediben viszont magasabb (1115 nő/1000 férfi). Az külön kiemelésre kívánczik, hogy Váckisújfalu a gyermekkorúak (0–14 évesek) között extrém alacsony a leányok aránya: 1990-ben 1000 fiúra mindössze 630 leány jutott.

A népesség *családi állapot* szerinti megoszlását nézve kitűnik, hogy a hagyományos falusi mentalitás ezekben a településekben még eléggé érvényesül. Ez azt jelenti, hogy kevés az elvált, viszont sok a házasságban élő személy. Nem helyi sajátosság, de itt is jelentkezik, hogy a 15 évesnél idősebb nők között aggasztóan magas az özvegyek aránya: az 1990-es adatok szerint ebben a korosztályban országosan minden negyedik (!) nő volt özvegy. Kisémedi értéke ettől alig maradt el (23%), de a másik két faluban is 18–19% az arány. Ezen súlyos deformáció hosszútávú szociális hatásait aligha kell ecsetelni.



6.2. ábra. A települések népességének kor megoszlása

A jövőbeni népesedési folyamatok szempontjából fontos a lakosság *szaporodási* magatartásának az ismerete. Ez leginkább a 15 évesnél idősebb nőkre jutó élveszületett gyermekek száma alapján mérhető le. Ezen mutató alapján is volt különbség a három település között, de ezek nem látványosan nagyok. A legjobb helyzetben ebből a szempontból is Váckisújfalu volt, itt az 1990-es helyzet szerint 100 nőre 194 élveszületett gyermek jutott. Ez ugyan elmarad az egyszerű reprodukcióhoz szükséges számtól, de jobb a országos átlagnál. Csak kevéssel volt alacsonyabb a mutató értéke Püspökszilágyon (190), s valamivel jobban elmaradt Kisnémedin (178).

Az 1990-es évek a születések terén a helyzet érzékelhető romlását hozták a vizsgált településekben is. A születésszám visszaesése különösen az évtized második felében lett egyértelmű: így ezekben az években Püspökszilágyon és Kisnémedin évi átlagban 5–6, Váckisújfalun pedig 2–3 újszülött látja meg a napvilágot, de itt volt olyan év is (1994), amikor egyetlen gyermek sem született.

Szintén a jövő szempontjából lényeges a népesség *képzettségi szintje*: ebből a szempontból a vizsgált települések helyzete nem éppen kedvező, amit az 1990-es népszámlálás adatai is jeleznek. Kedvező vonásként ki kell azonban emelni, hogy szinte alig voltak olyan lakosok, akik egyáltalán nem jártak iskolába. Ez a mutató jelzi a peremhelyzetű csoportok hiányát, vagy minimális jelenlétét, ami a lokális társadalmak szempontjából fontos tényező.

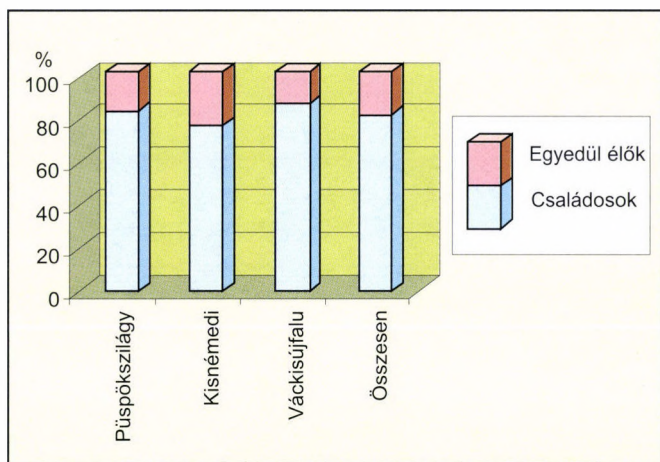
Kedvezőtlen viszont, hogy a közép- és felsőfokú végzettségűek aránya a megfelelő korosztályokban csak fele-harmada az országos értékeknek, s meghatározó súlyt jelentenek az általános iskolát végzettek. Ez a kedvezőtlen helyzet elsősorban annak következménye, hogy az elmúlt évtizedekben az iskolázottabb személyek jelentős része elköltözött, mivel helyben nem talált megfelelő munkalehetőséget. (Ez persze nem helyi sajátosság, a magyarországi falvak túlnyomó részéről ugyanez elmondható.)

6.4. Aktuális népesedési folyamatok a kérdőíves felmérés tükrében

Az 1990-es népszámlálás és 2000 között eltelt tíz év egyúttal a rendszerváltozás évtizede is, ami markáns nyomot hagyott a népesedési folyamatok egy részén is. Mivel a 2001. évi népszámlálás adataira még várni kell, ezért a kérdőíves felmérés során kapott információk alapján mértük fel a térség 2000-re vonatkozó demográfiai sajátosságát.

Kérdőíves vizsgálatunk átfogta ugyan a három falu lakosságának túlnyomó részét, a népszámlálások pontosságának igényével azonban természetesen nem léphetett fel. Arra azonban alkalmas volt, hogy néhány kiválasztott mutató alapján a fontosabb aktuális népesedési folyamatokról, ill. jelenségekről megbízható képet adjon. Az alábbiakban bemutatásra kerülő népesedési körkép összesen 523 kérdőív (ebből Püspökszilágy 209, Kisnémedi 197, Váckisújfalu 117 kérdőívvel szerepel) adatai alapján készült. Az 523 háztartásban 1527 személy élt, ami még az 1998-as összlakosságnál (1718 fő) is alig kevesebb. Az egyes településeket nézve Püspökszilágyon 624, Kisnémedin 522, Váckisújfalun pedig 381 személy adatait sikerült felvenni.

A *háztartások szerkezetét* nézve kitűnik, hogy az országos tendenciáknak megfelelően a vizsgált településekben is magas az egyszemélyes háztartások aránya (6.3. ábra). Itt azonban nem a főleg városokra jellemző tudatos egyedülélésről van szó, hanem leginkább a házastárs halála okozza ezt a helyzetet. Ennek megfelelően magas az ún. csonka családok aránya is: a három település átlagát nézve a válaszadók közel egyharmadának nem volt házastárs, Kisnémedin azonban a mutató értéke meghaladta a 38%-ot.



6.3. ábra. Az egyszemélyes háztartások aránya a vizsgált településeken

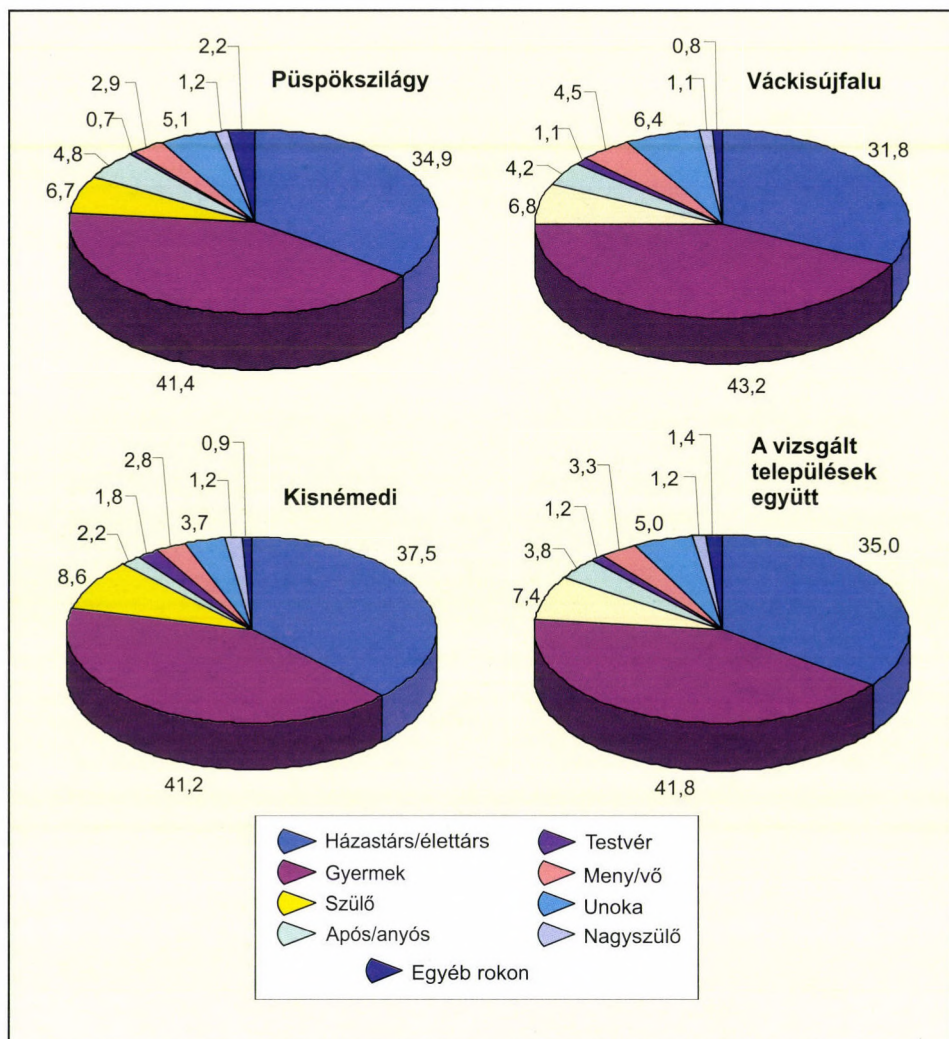
A háztartások túlnyomó részében a várakozásnak megfelelően szülők és gyerekek élnek együtt, azaz a kétgenerációs háztartás dominál. A falvakban egykor általánosan elterjedt háromgenerációs család csak kb. 1/10-ét teszi ki a felmért háztartásoknak (6.4. ábra).

A *családi állapot* megoszlását nézve kitűnik, hogy igazán nagy különbség nincs a három település között. Váckisújfalu esetében a házasság és a nőtlen/hajadon kategória átlagánál magasabb, az özvegyek átlagánál alacsonyabb aránya minden bizonnyal a fiatalosabb korszerkezet következménye. A nőtlenek és hajadonok túlnyomó része természetesen a 18 évesnél fiatalabbak közül kerül ki, a vártnál több esetben fordult elő azonban az a helyzet, hogy már munkába állt, 20–30 éves gyermekek a szülőkkel éltek és még nem házasodtak meg. Az elváltak aránya egyik településben se volt magas, ez talán szintén a hagyományok továbbélésével hozható kapcsolatba (6.5. ábra).

A *nemek szerinti megoszlás* fő vonásaiban a tíz évvel korábbi helyzetnek felel meg, azaz Váckisújfalu továbbra is több férfi élt, mint nő. Az is érvényes maradt, hogy 2000-ben Kismémedin érzékelhetően magasabb az 1000 férfira jutó nők száma, mint Püspökszilágon. 1990-hez viszonyítva a férfi–nő aránya az utóbbiak javára változott, ami természetes következménye a férfiak magasabb halandóságának (6.6. ábra).

A *népesség kor megoszlását* nézve mindhárom településben jellemző volt a helyzet romlása, azaz az 1990-es években csökkent a fiatalok aránya, és nőtt az idősek aránya. Ennek megfelelően a 60 évesnél idősebbek aránya 30% fölé emelkedett, a 15 évesnél fiatalabbaké viszont 10–12%-ra csökkent. Az továbbra is érvényes maradt, hogy viszonylag Váckisújfalu korszerkezete a legjobb, komolyabb különbség azonban nincs a három település között (6.2. ábra).

Az *iskolai végzettség* az elmúlt évtizedben sem változott generálisan a vizsgált településeken, s bizonyos különbségek továbbra is vannak közöttük. A teljes felmért népesség 13–15%-a tanuló, s az előregedés miatt hasonló az aránya a 8 osztálynál kevesebbet végzeteknek is. Legnagyobb arányban mindhárom településben az általános iskolát végzettek vannak, ez különösen Váckisújfalu jellemző. A befejezett iskolák alapján a szakmunkásképzőt végzettek állnak a második helyen, itt nincs érdemi különbség a települések között (6.7. ábra).

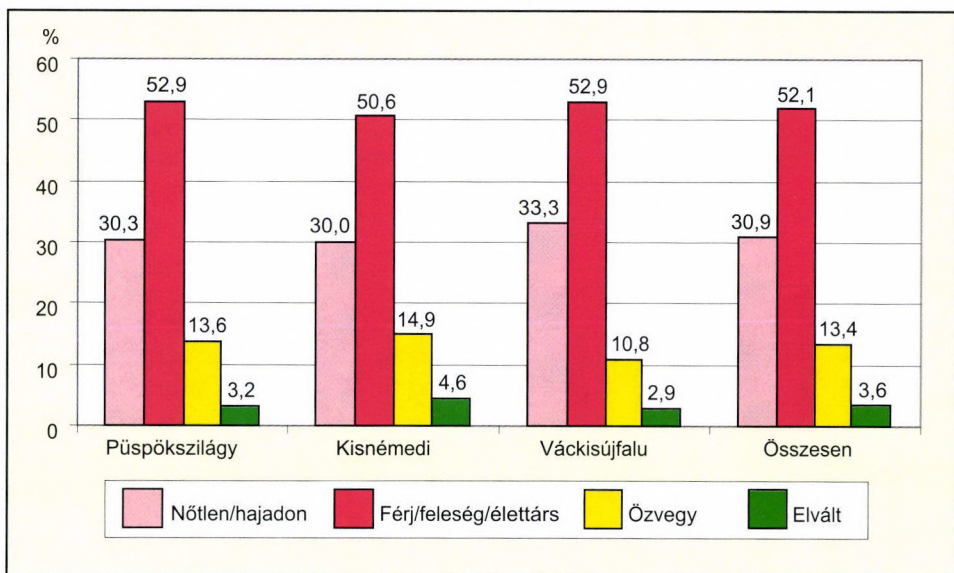


6.4. ábra. A válaszadókkal egy háztartásban élők megoszlása (%)

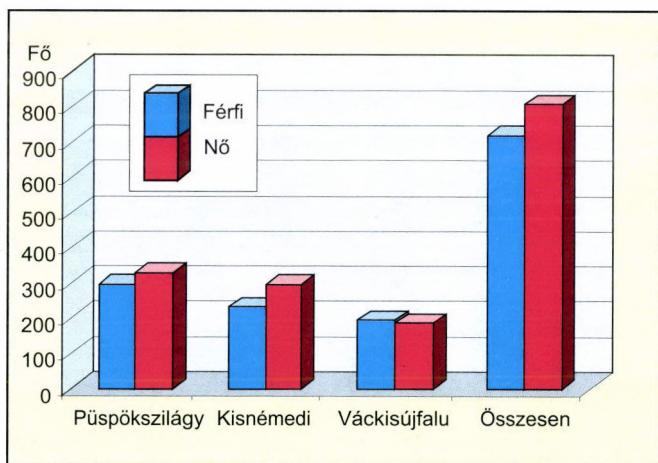
A leginkább figyelemreméltó változás az érettségizettek számának és arányának növekedése: a felmérés szerint a lakosság 15–17%-a rendelkezett érettségivel. A diplomások aránya változatlanul alacsony, részesedésük mindenütt 5% alatt maradt.

Az egyes településeket nézve leginkább kiegyensúlyozott Püspökszilágy képzettségi struktúrája, pl. itt a legmagasabb a diplomások aránya, s a legalacsonyabb az általános iskolát végzeteké, de itt a legmagasabb az érettségizettek aránya is (6.7. ábra).

A felmérés leginkább novumnak nevezhető eredményeit a *munkaerőpiaci helyzet* adatai hozták. Az ugyan köztudomású, hogy a rendszerváltozás a népesség gazdasági aktivitásának igen erős csökkenését hozta magával (a munkahelyek száma néhány év alatt mintegy

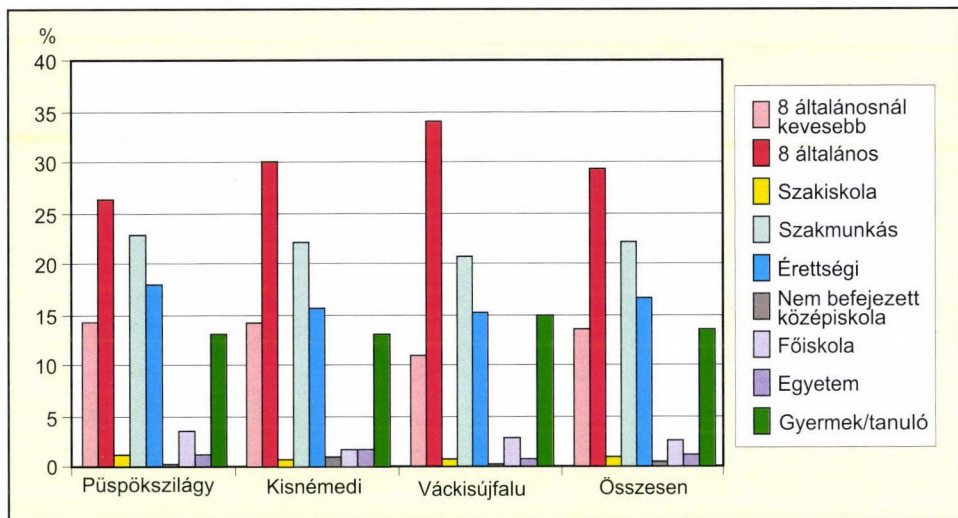


6.5. ábra. A családi állapot szerinti megoszlás a háztartásokban

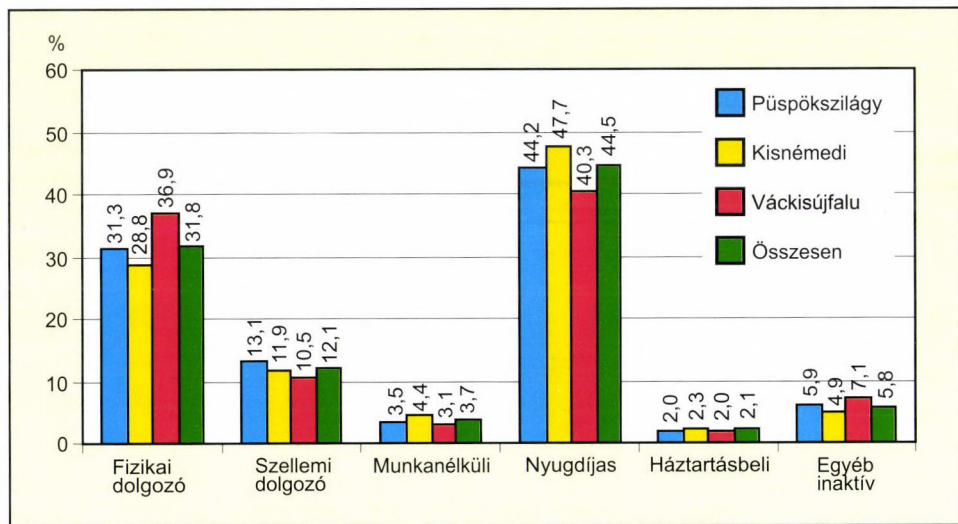


6.6. ábra. A lakónépesség száma nemek szerint a vizsgált településeken

másfél millióval csökkent), ennek konkrét megjelenése azonban Püspökszilágyon és környékén is megdöbbentő méretű. A felmérés adatai szerint a vizsgált települések 18 évesnél idősebb népességének mintegy 45%-a nyugdíjas volt, ami lényegesen magasabb arány, mint a nyugdíjas korúak aránya. Adataink szerint az 50 évesnél idősebbek között szinte alig akad aktív dolgozó, szinte már mindenki nyugdíjas ebben a korban (6.8. ábra).



6.7. ábra. Az iskolai végzettség szerinti megoszlás a felmért településeken



6.8. ábra. A vizsgált települések felnőtt lakosságának foglalkozás szerinti megoszlása

Ez természetesen nem azt jelenti, hogy itt egészszéleg teljesen leromlott lakosságról lenne szó. A nyugdíjasok magas aránya a vizsgált településekben is a munkanélküliség előli menekülés hatékony útját jelzi: a rendszerváltozás körüli években aki tehette, nyugdíjba ment és ezzel kivonult a munkaerőpiacról. A nyugdíjasok magas aránya bizonyosan szerepet játszik abban, hogy a munkanélküliek száma viszont alacsony.

Összességében a lakosság gazdasági aktivitása jóval 50% alatt van, s még a fiatalabb korösszetételű Váckisújfalun sem éri el ezt az értéket. Az aktív keresők nagy része fizikai dolgozó, a szellemi foglalkoztatottak aránya csak 10–13% (6.8. ábra).

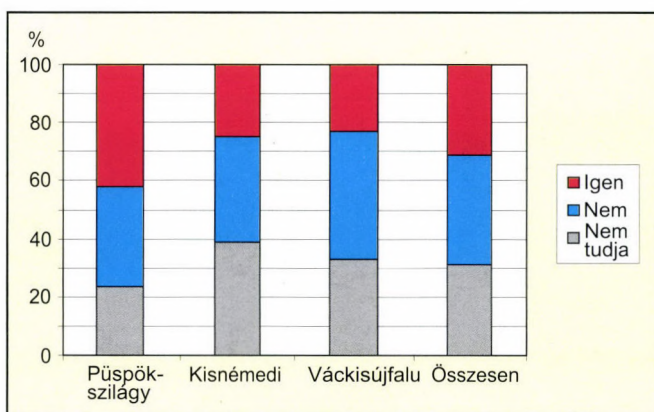
6.5. A helyi társadalmak és az RHFT kapcsolatának jellemzői

A lakosság és a műszaki nagylétesítmények kapcsolatát jelentős mértékben befolyásolhatja a helyi társadalmak *informáltsági szintje*. Annak ellenére, hogy az RHFT már negyedszázada működik, egyáltalán nem mondható el, hogy e téren a lakosság túlinformált lenne: összességében a megkérdezettek alig több mint 30%-a érezte úgy, hogy elegendő információval rendelkezik az RHFT-ről. Ezen belül az érintett települések között meglehetősen nagyok a különbségek: leginkább a püspökszilágyiak érezték megfelelően informálnak magukat, legkevésbé pedig a váckisújfaluiak. Az is megjegyzésre érdemes, hogy jelentős arányban voltak azok is, akik el sem tudták dönteni informáltságuk szintjét (6.9. ábra).

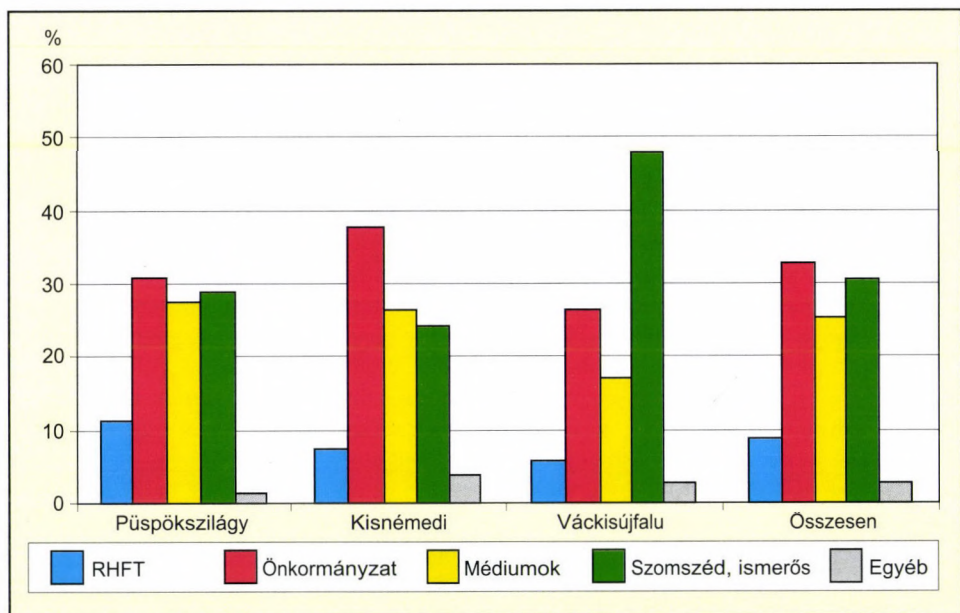
Az RHFT-ről a lakosság több forrásból szerzi be az információkat, ami mindenképpen kedvezőnek ítéltető. Az *információforrások* közül összességében három játszik meghatározó szerepet, mégpedig az önkormányzatok, a média és a szomszédok, ismerősök. Az ezek-től származó ismeretek megbízhatósága természetesen meglehetősen eltérő, így nem ítéltető kedvezőnek, hogy Váckisújfalun kiemelkedően magas az informális kapcsolatok révén szerzett ismeretek aránya. Ebben a megközelítésben a másik két település lakossága megbízhatóbb információforrásokat használ (6.10. ábra).

A viszonylag alacsony informáltsági szint következménye, hogy a megkérdezettek közel 30%-a egyetlen információs forrást sem nevezett meg. Ennél a megközelítésnél látványosan jelentkezett a püspökszilágyiak jó informáltsági szintje: itt a megkérdezetteknek csak kb. 5%-a nem nevezett meg egyetlen információs forrást sem, miközben a másik két településben 40% felett volt a mutató értéke.

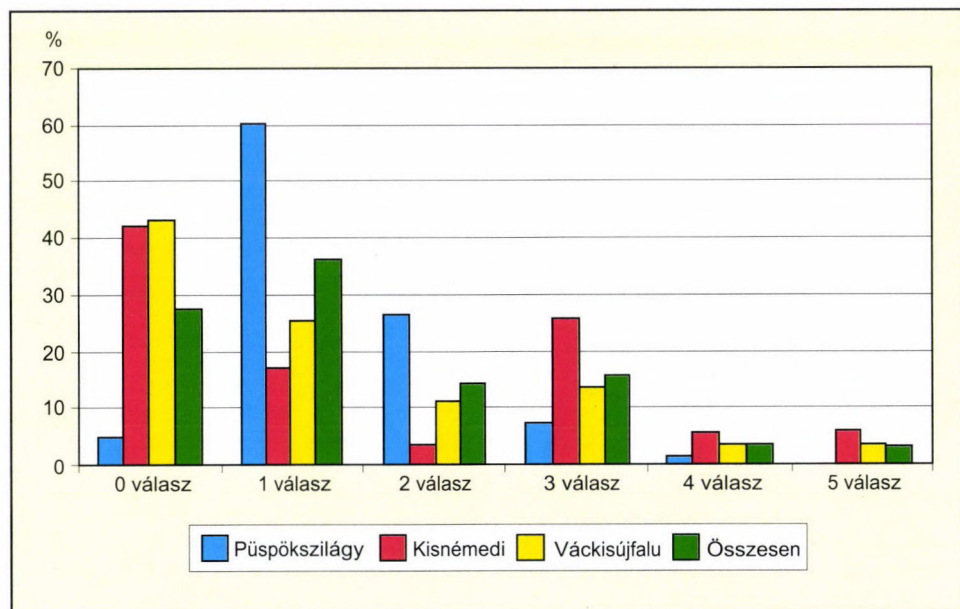
Akik megnevezték az információk származási helyét, azok a legtöbbször egy forrást említettek, de viszonylag magas a két- és három lehetőség említése is. A három település között a különbség meglehetősen nagy ebből a szempontból is (6.11. ábra).



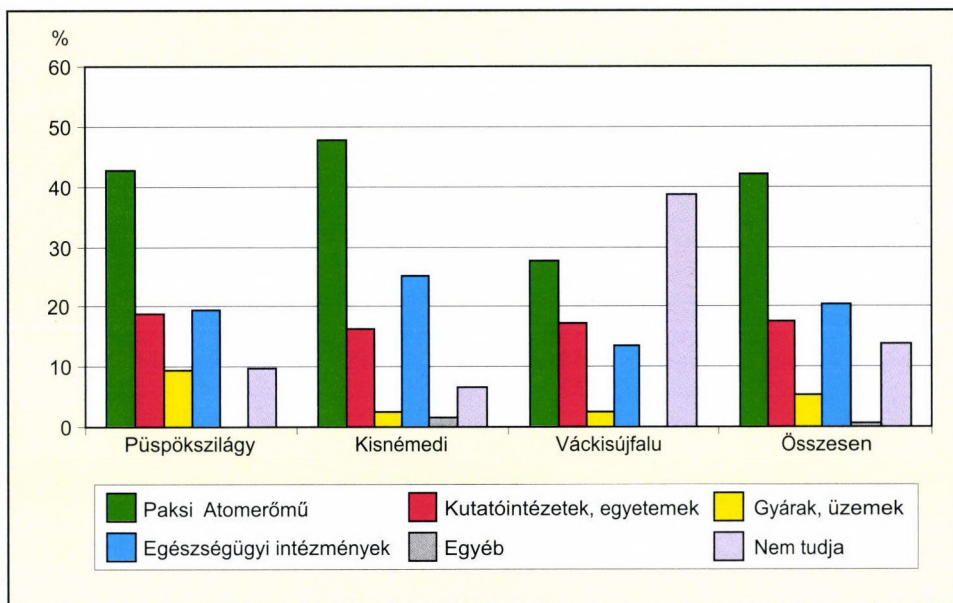
6.9. ábra. A válaszok megoszlása az „Elég információja van-e az RHFT-ről?” kérdésre



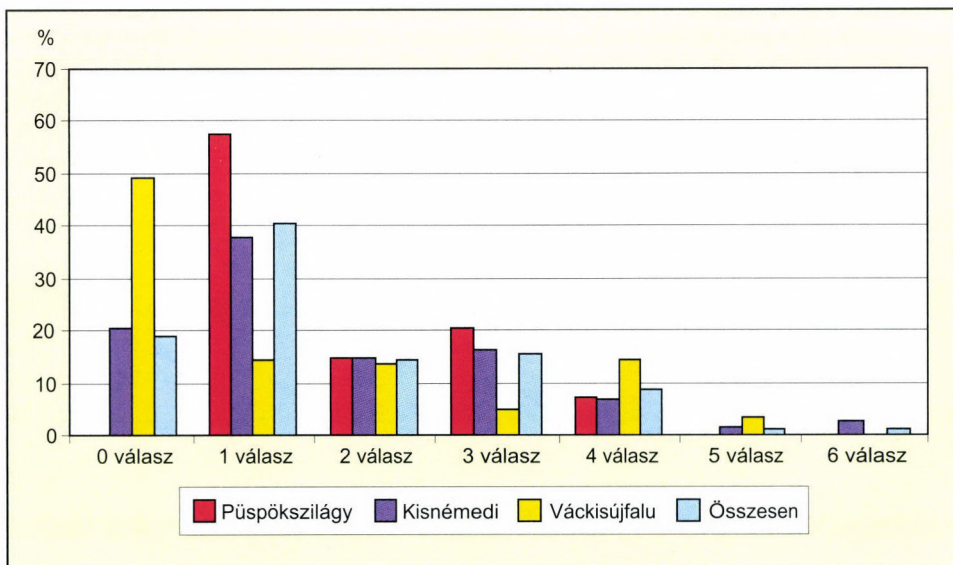
6.10. ábra. A válaszok megoszlása a „Honnan származik az információ az RHFT-ről?” kérdésre



6.11. ábra. Az információforrások számának megoszlása



6.12. ábra. A radioaktív hulladék származási helye a lakosság szerint



6.13. ábra. A radioaktív hulladék származási helyére adott válaszok számának megoszlása

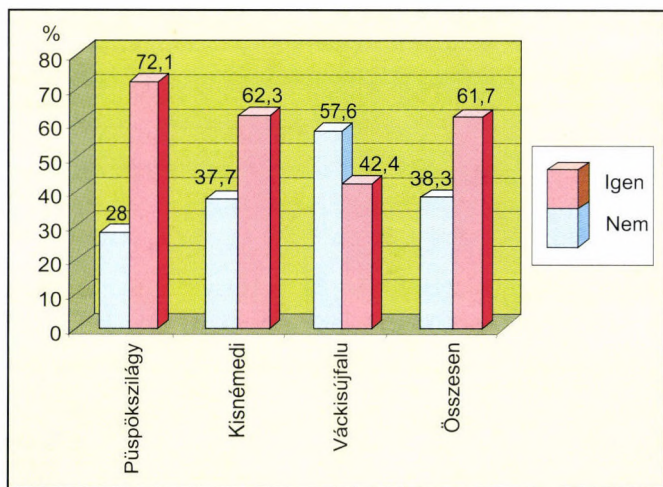
Az általános informáltsági szint felmérése mellett konkrét, az RHFT-be szállított *radioaktív hulladék származási helyére* irányuló kérdés volt a felmérésben (6.12. ábra). A válaszok több mint 40%-a a Paksi Atomerőműre vonatkozott, valamivel több mint 20%-a egészségügyi intézményekre, kb. 18%-a pedig kutatóintézetekre, egyetemekre. Ez eddig rendben is lenne, a megkérdezettek közel 15%-a azonban egyetlen származási helyet sem nevezett meg. Ez a csoport nagyon erősen Váckisújfalura koncentráldott, ahol a válaszadók közel 40%-a (!) egyetlen származási helyet sem ismert (6.12. ábra).

Mivel ennél a kérdésnél is volt lehetőség több válasz adására érdemes a problémát ebből a szempontból is megközelíteni, annál is inkább, mert a három település között a különbségek meglehetősen nagyok. Ezt jelzi többek között, hogy Püspökszilágyon minden válaszadó megnevezett legalább egy származási helyet, Váckisújfalun viszont a megkérdezettek közel fele egyet sem említett. A konkrét válaszok között itt is az egy említés dominál, de elég magas a két- és három származási hely megnevezése is (6.13. ábra).

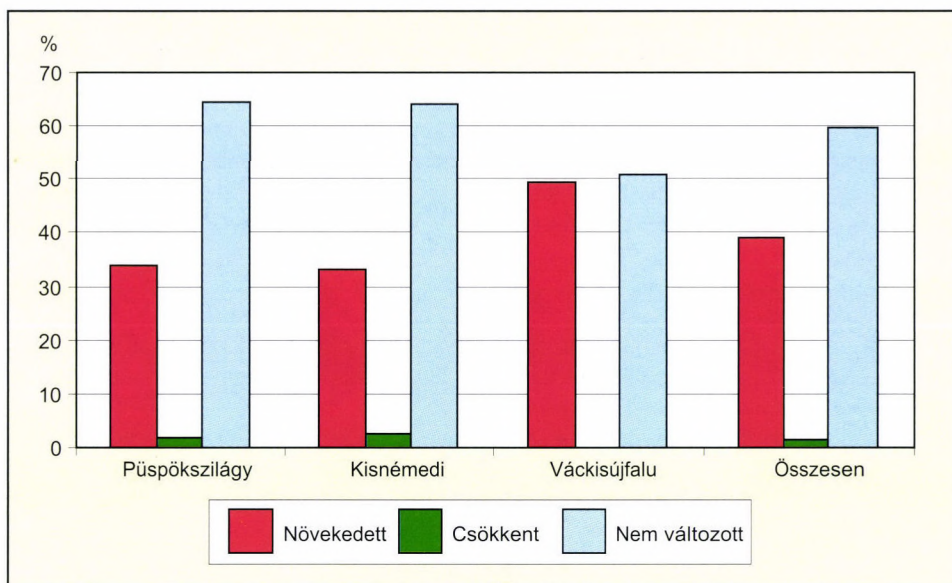
Úgy tűnik, hogy az informáltsági szint és az RHFT-vel kapcsolatos *veszélyérzet* között elég szoros az összefüggés. Összességében a válaszadók mintegy 38%-ának volt valamilyen veszélyérzete a radioaktív hulladéklerakóval kapcsolatban, Váckisújfalun viszont ezek aránya megközelítette a 60%-t. Ez már olyan magas érték, ami mindenképpen figyelmet érdemel. A másik pólust Püspökszilágy képviselte, ahol megkérdezetteknek csak alig több mint 1/4-e érzett bizonyos félelmet az RHFT-vel kapcsolatban (6.14. ábra).

Nem lényegtelen annak ismerete sem, hogy ez a veszélyérzet hogyan alakult az elmúlt években. Az nem éppen kedvező, hogy ez csak néhány megkérdezett esetében csökkent a veszélyérzet. A félelmet érzők kb. 60%-ánál nem változott a veszélyérzet szintje, közel 40%-ánál viszont növekedett. A legrosszabb helyzet ebből a szempontból is Váckisújfalun alakult ki, ahol kb. fele-fele arányban vannak a veszély növekedését, ill. stagnálását érzők (6.15. ábra).

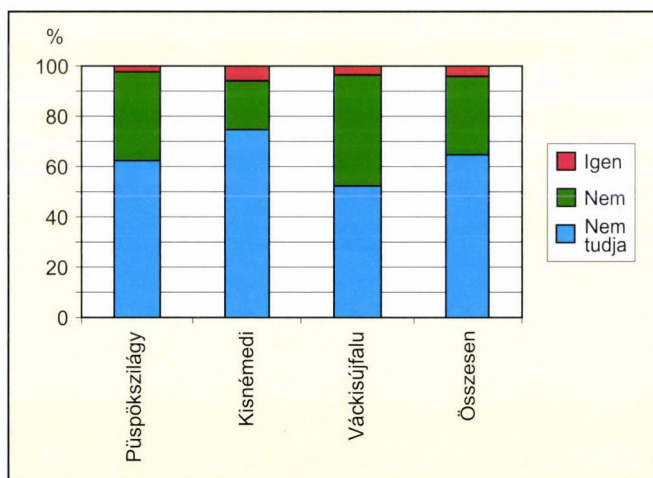
Az viszont már kedvezőnek ítéltető, hogy a veszélyérzet a jelek szerint nem túlsáosan súlyos. Ezt mutatja áttételesen az is, hogy a megkérdezettek alig néhány százaléka tudott olyan



6.14. ábra. A válaszok megoszlása a „Van-e veszélyérzet az RHFT-vel kapcsolatban?” kérdésre



6.15. ábra. A veszélyérzet változása az elmúlt öt évben



6.16. ábra. A válaszok megoszlása a „Tudomása szerint költözött-e el valaki az RHFT miatt?” kérdésre

esetről, amikor az RHFT miatt költözött el valaki a falujából. A többség nem tudott érdemi választ adni a kérdésre, mintegy 40% azonban nemmel válaszolt. Némileg meglepetésre az utóbbiak aránya éppen Váckisújfalu volt a legmagasabb (6.16. ábra).

Nemcsak a múltban nem volt, de jelenleg sincs tömeges *elköltözési szándék* a három érintett településből. Ezt egyértelműen jelzi, hogy az 523 válaszadóból mindössze 20 válaszadó-

nak áll szándékában elköltözni, közülük 9–9 Kisnémedin, ill. Váckisújfalun, 2 pedig Püspökszilágyon lakik. Ezek közül 11 válaszadó, azaz a megkérdezettek mindössze 2%-a említette, hogy az RHFT miatt akar elköltözni.

A helyi társadalmak és az RHFT együttélésének bizonyos problémái és ellentmondásai megmutatkoztak a kérdőív végén megfogalmazott állításokkal kapcsolatos véleményekben is (6.17. a,b. ábra). A válaszadók több mint 40%-a pl. úgy érezte, hogy az RHFT miatt lakóhelye megítélése kedvezőtlen. Ez a véleménye különösen Püspökszilágyon jelentkezett markánsan, ahol a megkérdezettek közel fele érezte így. Ez nyilván összefüggésben van az-
zal, hogy az RHFT neve Püspökszilágygal kapcsolódott össze, a másik két településsel a külvilág nemigen kapcsolja össze.

Hasonló kicsengésű volt a reakció arra az állításra is, hogy az RHFT nem jelent problémát a községnek. Ezzel a megkérdezetteknek alig több mint 1/4-e értett egyet, s az elutasító válaszok aránya itt is Püspökszilágyon volt a legmagasabb.

A válaszadóknak viszont csak alig több mint 10%-a gondolta úgy, hogy az RHFT miatt a helyben termelt mezőgazdasági termékek nehezen eladhatók. Lényegesen nagyobb volt az aggodás a létesítmény egészségügyi hatásai miatt, összességében a válaszadók több mint 1/4-e érezte úgy, hogy az RHFT kedvezőtlenül befolyásolja az egészséget. Az ilyen irányú aggodás főleg Váckisújfalun volt erős. Ezen problémánál mindenképpen érdemes megemlíteni, hogy a megkérdezettek több mint fele nem tudott állást foglalni.

A lakosság túlnyomó része nem lát összefüggést a települések népességszámának csökkenése és az RHFT között. Az összefüggést látók aránya Püspökszilágyon volt a legmagasabb, de itt is alig haladta meg a 20%-ot.

Az RHFT jövőjével kapcsolatos megfogalmazások közül a két szélső lehetőséget a lakosság nem támogatja. Ez azt jelenti, hogy az RHFT felszámolását a megkérdezettek kevesebb, mint 20%-a támogatná, közel fele viszont ezzel nem értett egyet, több mint 1/3 pedig nem foglalt állást. A felszámolást leginkább Váckisújfalun támogatnák, legkisebb mértékben pedig Püspökszilágyon.

Ugyanakkor a lakosság *az RHFT területének jövőbeni növelését is elutasítja*: összességében a megkérdezettek közel 2/3-a nem értett egyet a bővítéssel, s csak kevesebb, mint 1/10-e támogatta ezt. A három érintett település lakossága meglehetősen egyöntetű állásponton volt ebben a kérdésben, különbség alig volt közöttük.

Amiben messze a legnagyobb egyetértés volt, hogy az RHFT csak anyagi ellenszolgáltatás esetén maradhat fenn: ezt a nézetet vallotta a megkérdezettek mintegy 85%-a, s ezen a téren sem volt lényeges különbség a három település között.

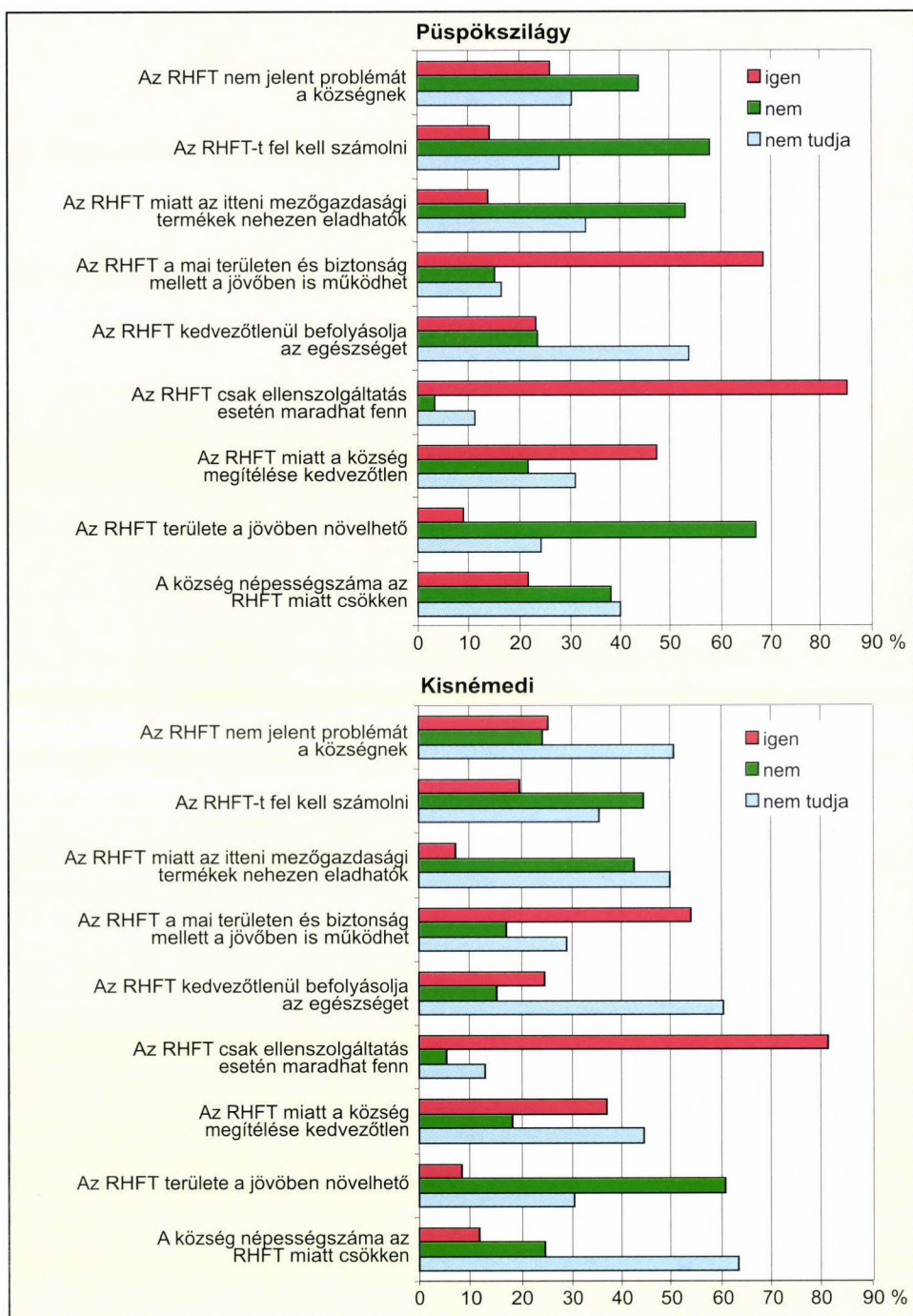
A felmérés RHFT-vel kapcsolatos eredményeit összegezve, közülük az alábbiak kívánkoznak kiemelésre:

- A lakosság RHFT-vel kapcsolatos informáltsága összességében még mindig nem megfelelő, ezen a téren lehet még javítani.

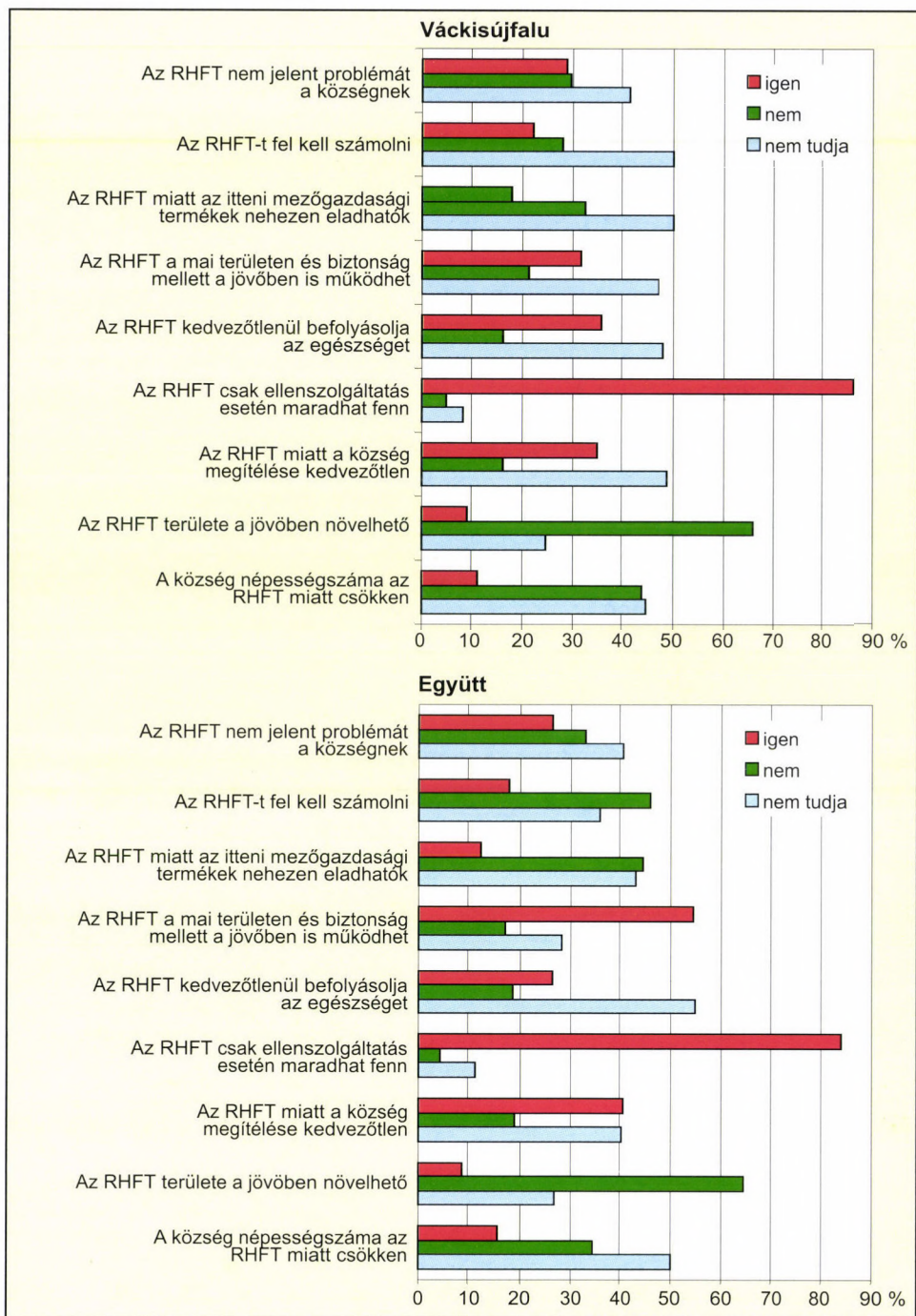
- Az egyes településeken eltérő mértékben ugyan, de a lakosság RHFT-vel kapcsolatos veszélyérzetének szintje elég magas, intenzitása azonban nem erős. Így az ebből eredő tömeges elköltözésre nem kell számítani.

- A lakosság az RHFT működését a jelenlegi keretek között el tudja fogadni, de nem ért egyet a bővítéssel, ugyanakkor nem kívánja a leállítás sem

- Az RHFT további működésének elengedhetetlen feltétele az érintett települések anyagi támogatása.



6.17a. ábra. A lakosság véleménye az RHFT-ről Püspökszilágyon és Kisnémedin



6.17b. ábra. A lakosság véleménye az RHFT-ről Váckisújfalu és a térség egészében

KÉRDŐÍVES FELMÉRÉS PÜSPÖKSZILÁGY KÖRZETÉBEN

(KIVONAT)

1. A válaszadó neme:

Féfi

Nő

kora: év

2. Lakóhely:

3. Ön vagy valamelyik családtagja dolgozik-e az RHFT-ben?

1 igen

2 nem

4. Mióta lakik a községben? 19... óta

5. Ha 1976 után költözött a községbe, ebben szerepet játszott-e az RHFT jelenléte?

1 igen

2 nem

6. Szándékában áll-e elköltözni a községből?

1 igen

2 nem

7. Ha igen, ebben szerepet játszik-e az RHFT jelenléte?

1 igen

2 nem

8. Tudomása szerint költözött-e el valaki a községből az RHFT miatt?

1 igen

2 nem

3 nem tudom

9. Megítélése szerint elegendő információval rendelkezik az RHFT-ről?

1 igen

2 nem

3 nem tudom

10. Honnan szerzett információkat az RHFT-ről? (Több válasz is adható)

01 az RHFT-től

02 az önkormányzattól (lakossági fórum stb.)

03 újságból, rádióból, TV-ből

04 szomszédoktól, ismerősöktől, rokonoktól

05 egyéb forrásból

11. Tudomása szerint honnan szállítanak radioaktív hulladékot az RHFT-be?

- 01 Paksi Atomerőmű
- 02 Kutatóintézetek, egyetemek
- 03 Gyárak, üzemek
- 04 Egészségügyi intézmények
- 05 Egyéb, éspedig
- 06 Nem tudom

12. Van-e veszélyérzete az RHFT-vel kapcsolatban?

- 1 igen 2 nem

13. Ha igen, ez az elmúlt öt évben hogyan változott?

- 1 nőtt 2 csökkent 3 változatlan

14. Egyetért, vagy nem az alábbi megállapításokkal?

	igen	nem	nem tudom
14a. Községünk népességszáma az RHFT miatt csökken	1	2	3
14b. Az RHFT területe a jövőben növelhető	1	2	3
14c. Az RHFT miatt községünk megítélése kedvezőtlen	1	2	3
14d. Az RHFT csak akkor maradhat fent, ha ezért a község anyagi ellenszolgáltatást kap	1	2	3
14e. Az RHFT kedvezőtlenül befolyásolja a lakosság egészségügyi állapotát	1	2	3
14f. Az RHFT a mai területén és biztonsági körülmények között a jövőben is működhet	1	2	3
14g. Az RHFT miatt a mezőgazdasági termékek nehezen eladhatók	1	2	3
14h. Az RHFT-t fel kell számolni	1	2	3
14i. Az RHFT nem jelent problémát a községnek	1	2	3

15. Az atomerőművi hulladékok telepen történő elhelyezésével kapcsolatos további megjegyzése:

7. A LAKOSSÁG EGÉSZSÉGÜGYI ÁLLAPOTA AZ RHFT KÖRNYEZETÉBEN

7.1. A vizsgálat célja és területe

A kutatási feladat annak megállapítása volt, hogy az RHFT településkörnyezetében élő lakosság egészségi állapota a rákos megbetegedések és fejlődési rendellenességek tekintetében kedvezőtlenebb képet mutat-e a megyei, ill. országos jellemzőknél. (Természetesen önmagában még az átlagosnál kedvezőtlenebb mutatók léte sem bizonyítaná az RHFT káros hatását, azonban ebben az esetben további elemzések válnának szükségessé.)

Mivel a radioaktív hulladékok kezeléséből és tárolásából származó esetleges lakossági sugárterhelés mindenképpen kismértékű lehet, a vizsgálatban a sztochasztikus egészségi hatásokat használtuk hatásjelzőkként. A hosszú ideig fennálló, kisdózisú sugárterhelés következtében esetleg ezeken a pontokon lenne várható a káros biológiai hatás megjelenése.

Jelen felmérésben ezért a rákos eredetű halálozásokat, megbetegedéseket és a veleszületett fejlődési rendellenességeket alkalmaztuk az egészségi állapot indikátoraiként. Ennek megfelelően az egészségi állapotot a rákos halálozási adatok, a rákos megbetegedések előfordulási mutatói és a nyilvántartott veleszületett rendellenességek alapján határoztuk meg.

A vizsgálati területet Püspökszilágy település 10 km-es körzeteként határoztuk meg, egyrészt az elméletileg várható hatás „hatótávolságából”, másrészt a statisztikailag értékelhető számú lakónépeség követelményeiből kiindulva.

A fenti körzet az alábbi 19 települést foglalja magába: Acsa, Csomád, Csővár, Erdőkertes, Galgagyörk, Galgamácsa, Kisémedi, Órbottyán, Penc, Püspökhátvan, Püspökszilágy, Rád, Sződ, Vácduka, Vácegres, Váchartyán, Váckisújfalu, Vácrátót és Veresegyház.

Az elemzésnek két közvetlen célja volt. Egyrészt annak feltárása, hogy a daganatos betegségek és fejlődési rendellenességek gyakoribbak-e ezen a területen, másrészt annak kiértékelése, hogy a daganatos eredetű halálozás mutat-e időben növekvő trendet a térségben.

7.2. Az RHFT körzetében élők rákos eredetű halálozási gyakoriságának értékelése

A rákos halálozások gyakorisági mutatója az ionizáló sugárzás hatására emelkedik, ezért jelen körülmények között annak első indikátoraként azt igyekeztünk feltárni, hogy a tároló környezetében élők dózisa biológiai értékelhető hatást okozott-e.

Egyrészt a teljes vizsgálati időszakra meghatározható rákos halálozási kockázat, másrészt e mutató időbeli alakulásának vizsgálata segítheti ennek megítélését.

A halotti bizonyítványokon szereplő halálloki diagnózisokon alapuló országos halálozási regisztert a KSH gondozza. Ezek az adatok viszonylag hosszú ideje rendelkezésre állnak. Az adatgyűjtés teljeskörű.

A daganatos halállokoknál a kódolás minősége is megfelelő, hiszen a diagnózisokat ezekben az esetekben szövettani vizsgálatokkal kell alátámasztani.

A KSH által rendelkezésre bocsátott halálozási rekordok voltak a jelenlegi vizsgálat alapadatai. Életkor-, nem-, vizsgálati-év- és ok-specifikus adatokat kaptunk. Az adatbázis az 1976–1998-as időszakot fedte le. Ebben az időszakban a BNO (Betegségek Nemzetközi Osztályozása) kódolás megváltozott. Az elemzett kórképek és a hozzájuk tartozó BNO kódok (első helyen szerepeltetve a 9. verzió, második helyen a 10. verzió kódjait) a következők:

1. Ajakrák, szájüreg, garat daganatai (140– 150/C00– 15)
2. Nyelőcsőrak (150/C15)
3. Gyomorrak (151/C16)
4. Vastagbélrak (153/C18)
5. Végbélrak (154/C19– 21)
6. Máj-epeúti daganatok (155/C22)
7. Epehólyagrák (156/C23– 24)
8. Hasnyálmirigyrak (157/C25)
9. Ormelléküregi- és gégerak (160– 161, 163– 165/C32)
10. Tüdörak (162/C33– 4)
11. Női emlörak (174/C50)
12. Egyéb nőgyógyászati daganatok (179, 181– 184/C54– 56)
13. Méhnyakrák (180/C53)
14. Prosztatarak (185/C61)
15. Hólyagrák (188/C67)
16. Agydaganatok (191/C71)
17. Limfómák (200– 203/C81– 90,96)
18. Leukémiák (204– 208/C91– 95)
19. Daganatok összesen (140– 239/C00– 97)
20. Ajakrák, szájüreg, garat daganatai és nyelőcsőrak (140)
21. Ormelléküregi- és gégerak (160)
22. Egyéb nőgyógyászati daganatok (181)
23. Limfómák (200)
24. Leukémiák (204)

Megjegyzés: A 20–24. csoportokban halálokként több kód is szerepel.

A jelentett esetek mellett szerepel ugyan az életkor, de direkt standardizálást mégsem lehet alkalmazni. Ugyanis a vizsgált területen élő populáció kor és nem szerinti strátumaiban az esetszámok alacsonyak, ezért a strátum-specifikus gyakorisági adatok jelentős bizonytalansággal terheltek lennének. Ilyen, bizonytalanul meghatározott értékekre pedig nem lehet a rizikómérést alapozni.

Az életkori hatások kezelésénél az indirekt standardizálásra való lehetőséget használtuk ki. A nyers halálozási kockázat számítása mellett 3 alapvető korcsoportban (0–14 évesek, 15–59 évesek és 60 év felettiek) külön-külön is elvégeztük a rizikószámát. A gyermek korcsoportok további bontásának az esetszámok alacsony volta miatt nem volt értelme.

A terület 1989–1998 időszakra vonatkozó demográfiai adatait a KSH bocsátotta rendelkezésre. Az 1989-et megelőző időszakra vonatkozó adatok csak a népszámlálási évekből vannak. Ezek alapján a népességszám hozzávetőlegesen egyenletes változását feltételezve becsültük meg az 1976–1988 közötti időszak populációit. Ez az eljárás lényegesen nem befolyásolja ugyan a számított kockázatokat, de az eltérő metodika miatt külön-külön kiszámítottuk az 1976–1998 közötti, ill. az 1989–1998 közötti időszak mérőszámait is.

A KSH adatai szerint a vizsgált 19 község állandó népessége együttesen 1989 és 1999 között 34 278 főről 39 477 főre növekedett, ami 15,1%-os emelkedésnek felel meg. A 19 községből mindössze 8 esetében volt kis mértékű népességfogyás, közülük 7 község 1000 lakosnál kisebb aprófalú.

Megjegyzendő, hogy a teljes, 1976–1998 közötti időszakra vonatkozó lakónépességi adatoknál bizonyos adatközlési következetlenségek találhatók, amire következő a magyarázat: az 1976–79-es évekre mutatólagosan a lakónépesség adatait utólag korrigálták az 1980-as népszámlálás adataival. 1980-tól korrigáló számításokkal képezték a lakónépességet, ami csak közelíti a valóságot. Sajnos visszakorrigálás sem történt az 1990-es népszámlálás adatai alapján. Vagyis 1980 után csak az 1990. jan. 1-jei népszámlálási adatok a valódiak, a többi évről csak számolt adatot kaptunk. Az ebből adódó eltérés jól látható az 1989. dec. 31-ei és az 1990. jan. 1-jei adatok összehasonlításakor, ahol a különbségek az egyes települések esetében általában 3–6% között mozogtak.

Az országos referencia adatokat a demográfiai évkönyvekből szereztük be. A korcsoportonkénti, nemek szerinti és halálokonkénti esetszámok, ill. a nemek és korcsoportok szerinti népességi adatok segítségével számítottuk a standardizáláshoz használható strátum-specifikus halálozási gyakoriságokat. 1980 előtről ilyen adat nem állt rendelkezésünkre, ezért az 1976–1979 közötti időszakra az 1980-as referencia adatokat használtuk fel.

Mivel a vizsgálati periódusban változott (növekedett) az országos daganatos halálozási gyakoriság, ez a megoldás torzítást vitt az eredményekbe. Ennek mértéke elhanyagolható az adott öt éves perióduson belül (1976–1980), de a feldolgozásban az 1980–1998-nak megfelelő számításokat külön is elvégeztük.

Az egyes településeken az egyes években várható daganatos halálesetek számát (E) minden vizsgált lokalizációra megadhattuk a demográfiai és az országos referencia adatok felhasználásával. A ténylegesen regisztrált halálesetek számát (O) ehhez viszonyítva az értékhez kaptuk a halálozási kockázatot, a relatív rizikót (RR).

Az RR megbízhatóságát a 95%-os megbízhatósági tartományokkal (CI) írtuk le, aminek alsó (A) és felső (F) határait a következőképpen számítottuk:

$$A = RR / [\exp (1,96 / (1/O)0,5)]$$

$$F = RR * [\exp (1,96 / (1/O)0,5)]$$

7.3. A rákos eredetű halálozások elemzésének eredményei

7.3.1. Az 1976–1998 közötti időszak jellemzői

Az 1976–98-as adatok feldolgozása alapján a vizsgálati területen jelentősen kevesebb volt a daganatos halálesetek száma, mint ahogy az országos viszonyok szerint várható lett volna. Az egyes mutatók értéke:

$$O = 2079; E = 2357; RR = 0,88 [0,84–0,92].$$

A csökkenést elsősorban a végbélráknál (154), a tüdőráknál (162), az emlőráknál (174) és a limfómáknál (200) megfigyelt szignifikáns kockázat csökkenés magyarázza. A betegségekre vonatkozó mutatók értéke:

$$O_{154} = 106; E_{154} = 133; RR_{154} = 0,80 [0,66–0,97]$$

$$O_{162} = 393; E_{162} = 499; RR_{162} = 0,79 [0,71–0,87]$$

$$O_{174} = 115; E_{174} = 159; RR_{174} = 0,72 [0,60-0,87]$$

$$O_{200} = 42; E_{200} = 63; RR_{200} = 0,66 [0,49-0,90]$$

Egyetlen daganatcsoportban, a nyelvcső daganatainál (141) volt nagyobb a rizikó, ahol a jellemző értékek a következőképpen alakultak:

$$O_{141} = 55; E_{141} = 40; RR_{141} = 1,38 [1,06-1,46]$$

A regisztrált halálesetek száma a vizsgált településeken 1976–1998 között a teljes populációban összesen 2079 volt. Ezek 54%-át a következő hatféle rákos megbetegedésre vezethető vissza: tüdőrák 18,9%, gyomorrák 11,7%, vastagbélrák 8,3%, emlőrák 5,5%, szájüregi daganatok, ill. hasnyálmirigyrák 4,8–4,8%.

A várható halálesetek száma a vizsgált területen az 1976–1998 között időszakban a teljes populációban összesen 2357, amelyen belül 499-en lesznek tüdőrákosak, 238-an gyomorrákosak, 183 fő fog elhunyni vastagbélrákban, 160 nő emlőrákban, 132 fő pedig végbélrákban. Ezek a várható halálesetek az összes haláleset 51,4%-át jelentik.

A halálozási kockázat értéke a daganatos betegségek összességét tekintve a 19 település teljes lakosságát illetően az 1976–1998 közötti időszakra vonatkozóan 0,88-nak adódik. Az átlagnál magasabb kockázati érték mutatkozik viszont a vizsgált területen a szájüreg-, a nyelvcső-, a gyomor-, a vastagbél- és a tüdőrák kialakulását illetően.

A halálozási kockázathoz tartozó megbízhatósági tartományok alsó határai a vizsgált területen 1976–1998 között a teljes populációban 0,49 és 1,06 közé, felső határai 0,91 és 1,79 közé esnek.

7.3.2. Az 1980–1998 közötti időszak sajátosságai

Az 1980–1998-as időszakra vonatkozó feldolgozás szerint is szignifikánsan kevesebb volt a daganatos halálesetek száma, mint ahogy az országos viszonyok alapján várható lett volna. Az egyes mutatók értéke:

$$O = 1808; E = 2001; RR = 0,90 [0,86-0,95]$$

Ebben az esetben a csökkenés oka elsősorban a tüdőráknál (162), az emlőráknál (174) és a limfómáknál (200) megfigyelt szignifikáns kockázatsökkenés volt. Az egyes mutatók értékei a következők:

$$O_{162} = 343; E_{162} = 433; RR_{162} = 0,79 [0,71-0,88]$$

$$O_{174} = 103; E_{174} = 136; RR_{174} = 0,75 [0,62-0,92]$$

$$O_{200} = 39; E_{200} = 54; RR_{200} = 0,73 [0,53-0,99]$$

Az előző adatsorhoz képest csak a végbélráknál (154) nem találtuk statisztikailag szignifikánsnak a rizikócsökkenést, ami azonban lényegében azonos volt a két vizsgálatban. Az itt kapott határérték szignifikanciájú eredmény magyarázata az lehet, hogy a rövidebb időszor miatt kisebb volt a rizikónak kitett személyek száma, ennek megfelelően eleve tágabb megbíz-

hatósági tartományokat kaptunk. Az így nyert kevésbé pontosan meghatározott rizikó már nem volt egyértelműen elkülöníthető a semleges értéktől. Az egyes mutatók értéke e betegségnél:

$$O_{154} = 94; E_{154} = 112; RR_{154} = 0,84 [0,68-1,02]$$

Az előző feldolgozáshoz képest itt a nyelőcső daganatai (141) mellett a fej-nyaki daganatok (140) is szignifikáns rizikóemelkedést mutattak. Az egyes mutatók értékei a következőképpen alakultak:

$$O_{140} = 94; E_{140} = 74; RR_{140} = 1,27 [1,04-1,56]$$

$$O_{141} = 48; E_{141} = 35; RR_{141} = 1,36 [1,02-1,80]$$

A regisztrált halálesetek száma a vizsgált területen a rövidebb, 1980–1998 közötti időszakban természetesen kisebb volt, mint az előzőekben vizsgált 23 évben, azaz a teljes populációban összesen 1808 haláleset történt 18 év alatt. A fő halálokok közül ebben az időszakban is a tüdőrákot (343) és a vastagbélrákot (198) regisztrálták a legnagyobb számban, emellett megnőtt a végbélrák (148) és az emlőrák (103) okozta halálozások száma is. Ez a négy halálokok tette ki az összes daganatos eredetű halálozások közel 44%-át.

A várható halálesetek száma az 1980–1998 közötti időszakban a teljes populációban összesen 2001-nek adódott, amelyen belül 432-ra volt becsülhető a tüdőrák, 189-re a vastagbélrák, 136-ra az emlőrák, 112-re a végbélrák leendő áldozatainak száma. E négy betegség aránya a teljes várható daganatos eredetű halálozásokon belül közel 34%.

A halálozási kockázat a vizsgált területen 1980–1998 időszakban a teljes populációban átlagosan 0,90 volt, amelyen belül a tüdő-, a nyelőcső- és vastagbélrák, valamint a méhnyakrák esetében viszont 1,00-nél lényegesen magasabbak voltak a kockázati értékek.

A halálozási kockázathoz tartozó megbízhatósági tartományok alsó határai a vizsgált területen 1980–1998 időszakban a teljes népességet illetően 0,53 és 1,04 közé, felső határai 1,80 és 0,88 közé esnek.

7.3.3. Az 1989–1998 közötti időszakra vonatkozó mutatóértékek

A legjobb minőségű rizikó-mérőszámokat adó 1989–1998-as feldolgozás eredményei lényegében teljesen azonosak az előbbi két vizsgálati eredménnyel. A lényegesen rövidebb megfigyelési időtartam azonban itt komolyan csökkentette a rizikómérés hatékonyságát. Ennek köszönhetően statisztikailag szignifikáns rizikóemelkedést az előző lokalizációk közül csak a fej-nyaki daganatok (140) esetében láttunk. A nyelőcső daganatai (141) nem mutattak itt már szignifikáns rizikóemelkedést:

$$O_{140} = 69; E_{140} = 48; RR_{140} = 1,43 [1,13-1,82]$$

$$O_{141} = 26; E_{141} = 23; RR_{141} = 1,15 [0,79-1,70]$$

Összességében azonban ebben a periódusban is szignifikánsan kisebb volt a daganatos halálozás rizikója, mint az országban általában:

$$O = 1077; E = 1145; RR = 0,94 [0,89-1,00]$$

Ez az érték itt is az előbbieken már említett daganatoknak volt köszönhető, bár szignifikáns méretű rizikócsökkenés csak a legnagyobb esetszámú tüdőráknál (162) volt megfigyelhető:

$$O_{162} = 215; E_{162} = 259; RR_{162} = 0,83 [0,73-0,95]$$

A kisebb hatékonyság mellett már nem volt szignifikáns a rizikó-csökkenés végbélrákra (154), emlőrákra (174) és limfómákra (200), bár a csökkenés jelentős mértékű és hasonló a korábbi vizsgálatok eredményéhez:

$$O_{154} = 53; E_{154} = 63; RR_{154} = 0,84 [0,64-1,09]$$

$$O_{174} = 63; E_{174} = 79; RR_{174} = 0,79 [0,62-1,02]$$

$$O_{200} = 22; E_{200} = 31; RR_{200} = 0,70 [0,46-1,07]$$

A regisztrált halálesetek száma a vizsgált területen a legrövidebb, 10 éves periódusban (1989–1998 között) a teljes populációban 1077 volt, amelyen belül 215 volt a tüdőrákos, 98 a vastagbélrákos, 91 a végbélrákos és 63 az emlőrákos eredetű halálok. Ezek együttesen a daganatos halálokok 43,5%-át tették ki.

A várható halálesetek száma a vizsgált időszakra vonatkozóan a teljes populációban 1145 volt, amelyen belül 259 kapcsolódott a tüdőrákhoz, 95 a végbélrákhoz, 93 a vastagbélrákhoz és 79 az emlőrákhoz. Ez a négy daganatos betegség a várható halálozások 46%-át jelenti.

A daganatos betegségekhez kapcsolódó halálozási kockázat a vizsgált területen 1989–1998 között a teljes populációban 0,94. Ettől lényegesen magasabbak (1,00-at meghaladóak) a gyomorrák, az epehólyagrák, a tüdőrák, a méhnyakrák és a hólyagrák kockázati értékei.

A halálozási kockázathoz tartozó megbízhatósági tartományok alsó határai a vizsgált területen 1989–1998 időszakban a teljes populációban 0,46 és 1,13 közé, felső határai 0,95 és 1,82 közé esnek.

A három vizsgálat közötti összhang alapján megállapítható, hogy

- a vizsgálati területen összességében tartósan alacsony a különböző rákbetegségek re visszavezethető halálozás kockázata,

- az alacsony kockázatot az egyébként gyakori végbélrák, tüdőrák, emlőrák és limfómák csoportokban megfigyelt alacsony rizikó magyarázza,

- emelkedett rizikót csak a nyelőcsőrák, ill. a későbbi időszakban a fej-nyaki daganatok esetében lehet látni.

7.4. A korcsoportonkénti elemzések tapasztalatai

A korcsoportos adatok elemzése ad támpontot annak megítélésére, hogy a megfigyelt fő trendek milyen korosztályok halálozási viszonyai miatt alakulnak ki. Ez az elemzés egyben azt is segíti megítélni, hogy az életkori összetétel torzította-e a korábbi eredményeket.

7.4.1. A 15–59 éves korcsoport sajátosságai

A regisztrált halálesetek száma a vizsgált területen az 1989–1998 közötti időszakban az 15–59 éves populáció körében alacsony volt. Összesen ez idő alatt 327-en haltak meg különféle daganatos betegségekben. Közülük 84 volt tüdőrákos, 37 személynél volt a halál oka szájüreg daganat, 23-nál emlőrák és 17-nél vastagbélrák. Ez a négyfajta betegség az összes daganatos betegségen belül 49%-ot tett ki.

A várható daganatos eredetű halálesetek száma a vizsgált területen 1989–1998 időszakban a 15–59 éves populációban a számítások alapján 315, amelyen belül 87 volt a tüdőrákos, 28 a szájüreg daganatos, 26 az emlőrákos és 17 a vastagbélrákos megbetegedés által okozott elhalálozás várható értéke. A fenti négy halálok aránya az összes várható daganatos eredetű halálokon belül 50%.

A halálozási kockázat a vizsgált területen az 1989–1998 közötti időszakban a 15–59 éves populációban eléggé alacsony, átlagosan 1,04. Az átlag feletti kockázati értékek elsősorban a különféle nőgyógyászati és szájüreg daganatokhoz, a nyelöcső- és a gégerákhoz kapcsolódóan jelentkeznek. A halálozási kockázathoz tartozó megbízhatósági tartományok alsó határai az 1989–1998 időszakban a 15–59 éves populációban eléggé tág intervallumban mozognak, értékük 0,17 és 1,29 között változik. A mutató felső határai 0,66 és 2,16 között ingadoznak.

Ebben a korcsoportban az 1989–1998 közötti időszakra vonatkozóan csekély mértékű, messze nem szignifikáns rizikó-emelkedés figyelhető meg, amelynek értékei:

$$O = 327; E = 315; RR = 1,04 [0,98–1,10]$$

A 15–59 éves korosztályban emelkedett rizikójú volt a fej-nyaki daganat (140), a nyelöcsőrák (141), a gégerák (160), és a méhnyakrák (180). A megfelelő értékek:

$$O_{140} = 37; E_{140} = 28; RR_{140} = 1,31 [1,13–1,55]$$

$$O_{141} = 16; E_{141} = 11; RR_{141} = 1,42 [1,79–1,82]$$

$$O_{160} = 17; E_{160} = 12; RR_{160} = 1,43 [1,38–1,76]$$

$$O_{180} = 15; E_{180} = 9; RR_{180} = 1,15 [1,67–2,16]$$

Rizikócsökkenést láttunk gyomorráknál (151) és agydaganatoknál (191), míg a teljes populáción rizikócsökkenést mutató daganatok esetében nem láttunk statisztikailag igazolható rizikócsökkenést. Erre utal az alábbi mutatók alakulása:

$$O_{151} = 8; E_{151} = 17; RR_{151} = 0,46 [0,33–0,66]$$

$$O_{191} = 7; E_{191} = 11; RR_{191} = 0,67 [0,46–0,97]$$

$$O_{154} = 12; E_{154} = 11; RR_{154} = 1,09 [0,82–1,45]$$

$$O_{162} = 84; E_{162} = 87; RR_{162} = 0,96 [0,86–1,07]$$

$$O_{174} = 23; E_{174} = 26; RR_{174} = 0,87 [0,71-1,07]$$

$$O_{200} = 8; E_{200} = 9; RR_{200} = 0,88 [0,62-1,25]$$

7.4.2. A 60 év feletti korcsoport mutatói

A 60 év feletti korosztályban a 15–59 éves korosztály mutatóértékeivel ellentétes eredményt, azaz szignifikáns rizikócsökkenés állapítható meg.

$$O = 743; E = 779; RR = 0,95 [0,92-0,99]$$

Az esetek többségét adó 60 év feletti korosztálynál a teljes populáció adataihoz nagy mértékben hasonló rizikóprofilot kaptunk. Azaz szignifikáns rizikó csökkenést láttunk mind a daganatos összes halálozás, mind pedig a végbélrák (154), tüdőrák (162), emlőrák (174), limfómák (200) esetében. Továbbá az epehólyag (156) és a hasnyálmirigy (157) daganatai miatti halálozás is lényegesen csökkent:

$$O_{154} = 30; E_{154} = 49; RR_{154} = 0,84 [0,71-0,98]$$

$$O_{162} = 131; E_{162} = 162; RR_{162} = 0,81 [0,74-0,88]$$

$$O_{174} = 40; E_{174} = 50; RR_{174} = 0,80 [0,68-0,94]$$

$$O_{200} = 13; E_{200} = 21; RR_{200} = 0,63 [0,48-0,83]$$

$$O_{156} = 22; E_{156} = 30; RR_{156} = 0,74 [0,60-0,92]$$

$$O_{157} = 30; E_{157} = 39; RR_{157} = 0,77 [0,64-0,93]$$

Rizikó-emelkedést láttunk a fej-nyaki daganatok (140) mellett a gyomorrák (151) és a prosztatarák (185) esetében:

$$O_{140} = 32; E_{140} = 19; RR_{140} = 1,66 [1,39-1,98]$$

$$O_{151} = 90; E_{151} = 71; RR_{151} = 1,27 [1,14-1,41]$$

$$O_{185} = 54; E_{185} = 41; RR_{185} = 1,32 [1,15-1,51]$$

A korspecifikus adatok feldolgozása után kapott legfontosabb kiegészítő információk a következők:

- a kedvező általános daganatos halálozási helyzet oka az idős korosztályok alacsony rákhalálása a területen,
- a fej-nyaki daganatok mindkét vizsgált korcsoportnál figyelemre méltó rizikóemelkedést mutatnak,
- a végbél-, a tüdő-, az emlő daganatok és a limfómák kedvező halálozási szintje az idős-korúak alacsony rizikója miatt figyelhető meg,

– a gyomorrák ellentétes viselkedése a két korosztályban kioltja egymást a teljes populáció rizikóelemzésekor,

– a gégerák és a méhnyakrák problémát jelent a 60 év alatti korosztályban, ami a teljes populációban már nem érvényesül a viszonylag alacsony esetszámok miatt,

– a prosztatarák viszont az idősebb korosztályon belül mutat rizikóemelkedést (ez a körkép természeténél fogva érthető), ami szintén nem érvényesül a teljes populáció elemzésekor.

A regisztrált halálesetek száma a vizsgált területen az 1989–1998 közötti időszakban a 60 évnél idősebb populációban 743 volt.

Ezen belül 131 volt a tüdőrákos, 90 a gyomorrákos, 74 a vastagbélrákos, 54 a méhnyakrákos és 40 az emlőrákos betegek halálozási száma. Ez az ötfajta betegség tette ki az ilyen eredetű halálozások 52%-át.

A várható halálesetek száma a vizsgált területen az 1989–1998 időszakban a 60 évnél idősebb populációban 779, amelyen belül várható volt 162 tüdőrákos, 75 vastagbélrákos, 71 gyomorrákos, 50 emlőrákos, valamint 49 végbélrákos elhalálozás. Ez az ötféle betegség a várható halálokok 52%-át tette ki.

A halálozási kockázat a vizsgált területen 1989–1998 között a 60 évnél idősebb populációban az összes daganatos betegségre vonatkozóan 0,95. Ennél lényegesen magasabb értékek adódnak viszont a szájúregi daganatok, a gyomorrák, a gégerák és a prosztatarák kockázata esetében.

A halálozási kockázathoz tartozó megbízhatósági tartományok alsó határai a vizsgált területen 1989–1998 időszakban a 60 évnél idősebb populációban 0,48 és 1,39 közöttiek, a felső határok pedig 0,88 és 1,98 között változnak.

7.5. A halálozási időtrend értékelése

A különböző időszakokban elvégzett halálozási kockázatelemzések között meglevő eltérések felvetik, hogy a területen az 1976–1998-as időszakon belül változott-e a daganatos halálozási kockázat? Amennyiben valóban igazolható az ilyen trendek létezése, akkor meg kell vizsgálni a trendek irányát.

Hiszen amennyiben az országos standardokhoz képest ugyan nem emelkedett (ill. csökkent) a vizsgálati terület daganatos halálozási kockázata, de a kezdeti értékekhez képest szignifikáns növekedés játszódtott le, akkor ennek a romló trendnek köszönhetően a terület (az országos viszonyokhoz képest nem, de) korábbi önmagához képest (alapállapot) rossz helyzetbe került, ami felvetheti a vizsgált potenciális expozíció szerepét is.

Évenkénti rizikószámítás esetén az egyes pontokon kapott relatív kockázatok megbízhatósága kicsi, ezért ezek helyett szélesebb időtartományokat használtunk. A viszonylag hosszan rendelkezésre álló halálozási adatok miatt így is elég mérési pontot kaptunk az időtrendek megállapításához. A halálozási rizikókat ugyanazon elvek alapján határoztuk meg, mint a hosszabb (pl. 1976–1998 közötti) időszakok esetében. A vizsgált időintervallumok: 1976–1979, 1980–1983, 1984–1987, 1988–1991, 1992–1995, 1996–1998.

Az időtrendet a lineáris regressziós koefficienssekkel és a rájuk vonatkozó statisztikai értékeléssel írtuk le. A regressziós egyenletek paramétereit az 7.1. táblázat foglalja össze.

A daganattípusok jelölésére itt is a korábbi kódokat alkalmaztuk. A regressziós koefficiens és az intercept a [halálozási kockázat] = b [vizsgálati év] + a összefüggést határozzák meg. A trend szignifikáns jellegét a p írja le.

7.1. táblázat. A halálozási időtrend statisztikai értékelése

Daganat típus	Regressziós koeficiens (b)	Intercept (tengelymetszet)(a)	p
140	0,041	-80,140	0,022
150	-0,056	112,106	0,075
151	-0,005	10,443	0,758
153	0,009	-17,720	0,237
154	0,002	-2,954	0,891
155	-0,001	3,521	0,966
156	-0,003	6,242	0,840
157	-0,001	2,038	0,965
160	-0,008	17,002	0,815
162	0,005	-8,691	0,561
174	0,010	-19,496	0,315
180	0,075	-148,456	0,116
181	0,014	-26,874	0,451
185	0,030	-59,601	0,058
188	0,013	-25,466	0,447
191	0,009	-16,973	0,475
200	0,005	-8,652	0,799
204	0,002	-3,147	0,934
Összesen:	0,008	-14,263	0,140

Lényeges változást a daganatos összes halálozás esetében nem látunk. Az egyetlen szignifikáns változás a fej-nyaki daganatok okozta halálozás rizikójának emelkedése. Ez magyarázza azt, hogy az 1976-tól indított időszakra még nem láttuk a vizsgálati területen a rizikó emelkedését, míg a később indított vizsgálatokban már igen. Közel szignifikáns növekedést mutatott még a prosztaták és a méhnyakrák okozta halálozás.

A nyelőcső daganatok halálozási rizikó csökkenése közel szignifikáns volt és jól magyarázza, hogy az 1976–1998-as vizsgálatban még látható volt emelkedett rizikó, de az 1989–1998-as periódusban ilyen hatást már nem láttunk.

A prosztaták rizikónövekedés kétszeres az 1976–1998 közötti időszakban. Ebben a periódusban évente átlagosan 4 esetet regisztráltak. Az emelkedést az utolsó két vizsgálati periódus (1992–1995 és 1996–1998) kiugró értékei okozták.

A méhnyakrák rizikónövekedés formálisan több mint hatszorosa az 1976–1998 közötti időszakban. A regisztrált esetszámok alacsonyak: évente átlagosan 2 esetet regisztráltak. A trend megléte maga is kétséges. Az emelkedést igazából az utolsó vizsgálati periódus (1996–1998) kiugró értéke okozta.

Az időtrendségek elemzésekor kapott fontos információ, hogy

- összességében lényeges változás a daganatos halálozási rizikóban nem játszódtott le,
- a prosztaták és a fej-nyaki daganatok esetében viszont romlott a terület helyzete,
- javulás volt ugyanakkor megfigyelhető a nyelőcsőrák esetében.

7.6. Az RHFT körzetében megfigyelt daganatos betegségek miatti kórházi ellátás gyakorisága

A daganatos betegségek gyakoriságának meghatározása a kórházi teljesítmény jelentések alapján is elvégezhető. Az ápolási esetekről szóló adatlapokat az Egészségügyi Minisztérium Gyógyító megelőző ellátás információs Központja (GYÓGYINFOK) összegzi és dol-

gozza fel. Mivel a finanszírozás alapját jelentik a beküldött adatlapok, lényegében minden kórházi ápolást igénylő daganatos beteg adatai bekerülnek a regiszterbe.

A nyilvántartás rendszere időben némileg módosult. 1996-tól kezdődően azonban egységesnek és jó minőségűnek tekinthető a nyilvántartás. Ezért a jelen vizsgálat számára is az 1996–1998 időszak adatai voltak érdemben felhasználhatóak.

Az alapadatabázist az egyes ápolási esetekről szóló rekordok jelentették. A vizsgálat 3 évében kórházban ápolott daganatos betegek kora, neme, lakhelye és fődiagnózisa szerepelt a rekordokban. (A halállal végződő kórházi felvételek nem szerepeltek külön ebben a vizsgálatban, mivel az ilyen eseteket a halálozási regiszterek is rögzítik, így a halálozási adatok elemzésekor ezekkel az adatokkal már foglalkoztunk.)

Mivel egy daganatos beteg a 3 év alatt több kórházban is kaphatott ellátást, ill. egyazon kórházban is több alkalommal kezelhették, szükséges volt az epizódok összekapcsolására és az ismételt felvételek kiszűrésére. A vizsgálat végső adatbázisában minden beteg csak egy rekordban szerepelhetett. Ilyen módon, a kórházi ápolást igénylő daganatok prevalenciája – azaz a regisztrált esetek számának (R) és a népesség nagyságának (N) a hányadosa – volt az elemzett indikátor.

Országos referencia adatok a vizsgálatához sajnos nem álltak rendelkezésre. A GYÓGYINFOK nem publikál kor-, nem- és kórkép-specifikus referencia adatokat, ezért nem lehetett a vizsgálati területre számítani várható prevalencia értékeket a lakosság demográfiai összetétele alapján.

Referencia populációnak a vizsgálati területet körülvevő 20 km széles körgyűrű területén élő populációt vettük, azaz azokat a településeket, amelyek a hulladéktárolótól legalább 10 km-re, de legfeljebb 30 km-re helyezkednek el.

A vizsgált települések a következők voltak: Alsópetény, Apc, Aszód, Bag, Beeske, Bér, Bercel, Borkor, Budakalász, Buják, Csécs, Cserháthaláp, Cserhátsurány, Cserhátszentiván, Csömör, Debercsény, Domony, Dunakeszi, Ecseg, Egyházasdengeleg, Erdőkürt, Erdőtárcsa, Érsekvadkert, Felsőpetény, Fót, Galgaguta, Galgahévíz, Hatvan, Héhalom, Heréd, Herencsény, Hévízgyörk, Iklad, Isaszeg, Jobbágyi, Kálló, Kartal, Keszeg, Kisbágyon, Kosd, Kozárd, Kutasó, Legénd, Lőrinci, Magyarnándor, Mogyoród, Nagykökényes, Nagytárcsa, Nézs, Nógrád, Nógrádkövesd, Nógrádsáp, Nőtincs, Ósagárd, Palotás, Petőfibánya, Pilisszentlászló, Pusztaberki, Szada, Szanda, Szarvasgede, Szécsénke, Szente, Szigetmonostor, Szirák, Sződliget, Szokolya, Terény, Tereske, Tura, Üröm, Vácszentlászló, Valkó, Vanyarc, Verseg, Zagyvaszántó.

A prevalencia elemzésben ugyanazokat a daganatos betegségi kategóriákat használtuk, mint a halálozási elemzéseknél. A vizsgálati terület és a referencia terület településeinek demográfiai adatait a KSH megyei kiadványaiból nyertük.

A vizsgált és a referencia területre vonatkozó p prevalencia adatot a 95%-os megbízhatósági tartományok segítségével hasonlítottuk össze, aminek alsó (A) és felső (F) határait a következőképpen számítottuk:

$$A = p - 1,96 \cdot [p \cdot (1-p) / N]^{0,5}$$

$$F = p + 1,96 \cdot [p \cdot (1-p) / N]^{0,5}$$

Ezeknek megfelelően akkor tekinthettük a vizsgálati területet fokozott rizikójúnak, ha az ottani prevalencia adat megbízhatósági tartományának és a referencia adat megbízhatósági tartományának nem volt közös része, továbbá és a referencia prevalencia kisebb volt, mint a vizsgált területen megfigyelt gyakoriság. Hasonlóképpen csökkent rizikóról abban az eset-

ben beszélhetünk, amikor a referenciánál alacsonyabb prevalenciát látunk a vizsgálati területen és a megbízhatósági tartományoknak nincs átfedő része.

A vizsgálati terület veszélyeztetettségét leíró relatív rizikót (RR) az alábbi módon számítottuk:

$$RR = (a/Na) / (b/Nb),$$

ahol a = a regisztrált esetek száma a vizsgálati területen; b = a regisztrált esetek száma a referencia területen; Na = a népességszám a vizsgálati területen; Nb = a népességszám a referencia területen.

A megfigyelt relatív rizikó semleges értéktől, azaz 1-től való eltérését a 95%-os megbízhatósági tartomány segítségével értékeltük. Ennek alsó (ARR) és felső (FRR) határai következtek voltak:

$$ARR = \exp [\ln(RR) - 1,96 \cdot (1/a + 1/Na + 1/b + 1/Nb) 0,5]$$

$$FRR = \exp [\ln(RR) + 1,96 \cdot (1/a + 1/Na + 1/b + 1/Nb) 0,5]$$

7.7. A daganatos megbetegedések jellemző vonásai

A vizsgálati időszakban az átlagos népességszám a vizsgálati területen 27 163 fő, a referencia területen 204 108 fő volt. Az egyes daganattípusokra vonatkozó megfigyelt prevalencia adatokat és relatív rizikókat az 7.2–7.3. táblázat mutatja be. A táblázatokban a daganattípusokat a korábban is alkalmazott módon jeleztük.

Az adatok szerint szignifikáns mértékű rizikóemelkedést a vizsgálati területen egyik daganatos megbetegedésnél sem láttunk. A fej-nyaki daganatok (140) esetében viszont közel szignifikáns volt a vizsgálati terület rizikónövekedése, azaz:

$$RR_{140} = 1,38 [0,93 - 2,05]$$

Szignifikáns rizikócsökkenést figyeltünk meg viszont az összes daganatos prevalencia esetében: 13%-kal alacsonyabb a vizsgálati területen a prevalencia, mint a referencia zónában. Ez volt az egyetlen statisztikailag szignifikáns rizikóeltérés.

$$RR = 0,87 [0,77 - 0,98]$$

Közel szignifikáns volt a megfigyelt rizikócsökkenés a végbélrákokra (154) és az emlőrákra (174):

$$RR_{154} = 0,48 [0,12 - 2,03]$$

$$RR_{174} = 0,73 [0,50 - 1,08]$$

Összességében a halálozási adatok elemzésekor látott rizikóprofillal jó egyezést mutatnak a prevalencia adatok. A prevalencia vizsgálatban alkalmazott lényegesen rövidebb idő-

7.2. táblázat. Prevalencia adatok a vizsgált és a referencia területen

Daganat-típus	Prevalencia a vizsgálati területen (tízezrelék)		Prevalencia a referencia területen (tízezrelék)	
140	10,68	[6,79;14,56]	7,74	[6,53;8,95]
150	2,21	[0,44;3,98]	1,96	[1,35;2,57]
151	5,15	[2,45;7,85]	5,14	[4,16;6,13]
153	5,89	[3,00;8,78]	7,69	[6,49;8,89]
154	5,52	[2,73;8,32]	8,77	[7,49;10,05]
155	0,74	[-0,28;1,76]	1,52	[0,98;2,05]
156	1,10	[-0,15;2,35]	2,06	[1,44;2,68]
157	1,84	[0,23;3,45]	3,63	[2,80;4,45]
160	4,05	[1,66;6,44]	3,09	[2,32;3,85]
162	18,41	[13,31;23,50]	20,63	[18,66;22,59]
174	10,31	[6,49;14,12]	14,11	[12,48;15,74]
180	2,58	[0,67;4,49]	3,33	[2,54;4,12]
181	6,26	[3,28;9,23]	4,75	[3,81;5,70]
185	5,15	[2,45;7,85]	4,36	[3,45;5,27]
188	4,05	[1,66;6,44]	5,54	[4,52;6,56]
191	2,21	[0,44;3,98]	2,30	[1,64;2,96]
200	5,15	[2,45;7,85]	4,51	[3,59;5,43]
204	1,47	[0,03;2,92]	2,69	[1,98;3,41]
Összesen:	115,23	[102,54;127,92]	132,92	[127,95;137,89]

intervallum miatt az egyes daganatos lokalizációkra vonatkozó rizikóbecslés pontossága kisebb, mint a halálózási vizsgálatban kapotté. Ennek a kisebb érzékenységnak köszönhetőek részben a két vizsgálati típus eredményei közt láthatók eltérések.

Ugyanis a tüdőrákra (162) és a limfómákra (200) itt kapott relatív rizikók nem mutatnak szignifikáns csökkenést:

$$RR_{162} = 0,89 [0,67 - 1,02]$$

$$RR_{200} = 1,14 [0,65 - 2,01]$$

A nyelöcsőrákra (150) kapott adat sem mutat rizikó emelkedést. Ez a halálózásnál már látott időtrend alapján várható is volt, hiszen az 1990-es évek végén már a halálózás sem mutatott rizikóemelkedést:

$$RR_{150} = 1,13 [0,48 - 2,66]$$

Az egyes korcsoportokban halálózási rizikó-növekedést mutató daganatok, azaz a gyomorrák (151), gégerák (160), méhnyakrák (180) és prosztaták (185) nem mutatott eltérést a vizsgálati és a referencia területek között:

$$RR_{151} = 1,00 [0,57 - 1,75]$$

$$RR_{180} = 0,77 [0,36 - 1,68]$$

$$RR_{185} = 1,18 [0,67 - 2,08]$$

7.3. táblázat. Az adatok statisztikai értékelése

Daganattípus	Relatív rizikó	95%-os megbízhatósági tartomány
140	1,38	[0,93;2,05]
150	1,13	[0,48;2,66]
151	1,00	[0,57;1,75]
153	0,77	[0,46;1,28]
154	0,63	[0,37;1,07]
155	0,48	[0,12;2,03]
156	0,54	[0,17;1,73]
157	0,51	[0,21;1,26]
160	1,31	[0,69;2,49]
162	0,89	[0,67;1,20]
174	0,73	[0,50;1,08]
180	0,77	[0,36;1,68]
181	1,32	[0,79;2,21]
185	1,18	[0,67;2,08]
188	0,73	[0,39;1,36]
191	0,96	[0,41;2,24]
200	1,14	[0,65;2,01]
204	0,55	[0,20;1,51]
Összesen:	0,87	[0,77;0,98]

A prevalencia adatok vizsgálatakor kapott főbb kiegészítő információk a következők:

- a vizsgálati területen jelentősen alacsonyabb a daganatos betegségek prevalenciája, mint az várható lenne külső standardok alapján;
- a jelenség oka elsősorban a végbélrák és emlőrák miatti alacsony prevalencia;
- egyetlen lokalizációban sincs egyértelműen emelkedett rizikó.

7.8. Az RHFT körzetében élők között regisztrált veleszületett rendellenességek előfordulásának értékelése

A veleszületett rendellenességek gyakorisága az ionizáló sugárzások hatására emelkedik. Ezért a hulladéktároló körzetében érdemes vizsgálni ezt a végpontot is. Amennyiben a vizsgálati területen gyakoribb volna az előfordulásuk, az felvetné annak lehetőségét, hogy az itt élőket jelentős sugárexpozíció érte.

A veleszületett fejlődési rendellenességeket országosan egységes rendszerben jelentik, ill. tartják nyilván (Veleszületett Fejlődési Rendellenességek Országos Nyilvántartása, VRONY). Az egységes elvek ellenére az adatok minősége nem tekinthető kielégítőnek. Mind időben, mind pedig területenként jelentős eltérések tapasztalhatóak a jelentési fegyelemben.

Az időbeni egyenetlenségek miatt nem volt realitása egy hosszú időszakra kiterjedő feldolgozásnak. A nagyobb esetszámokért ugyanis a romló validitással kellett volna fizetni. A validitás romlását elkerülendő, egy viszonylag rövidebb, de viszonylag egységes jelentési pontossággal jellemezhető vizsgálati periódust (1995–1998) definiáltunk.

A régióként jelentősen változó bejelentési fegyelem miatt félrevezető lehet, ha a vizsgálati területen megfigyelt viszonyokat az országos standardokhoz hasonlítjuk. Ehelyett, a vizsgálati területhez egy környező referencia területet definiáltunk, ami azonos a prevalencia vizsgálatnál részletesen leírt területtel. Ilyen módon viszonylag egységes jelentési fegyelemmel jellemezhető lakossági mintát tudtunk létrehozni.

A viszonylag alacsony esetszámok miatt nem volt értelme az egyes rendellenességi típusok adatait külön elemezni. Az így kapott rizikó-mérőszámok rendkívül tág határok között lennének csak értelmezhetőek, ami csak nagyságrendi rizikóemelkedés észlelését tenné lehetővé, ami viszont nem lehet a vizsgálat célja. Ehelyett az évenként összesen jelentett veleszületett rendellenességeket vizsgáltuk. A vizsgált területekre vonatkozóan a településenkénti születésszámot (N) az egyes megyék statisztikai közlönyeiből szereztük be.

A veleszületett rendellenességek gyakoriságát, prevalenciáját (p) a regisztrált fejlődési rendellenességek számának (R) és a születések számának hányadosával számítottuk:

$$p = R / N$$

A statisztikai értékeléshez szükséges 95%-os megbízhatósági tartomány alsó (A) és felső (F) határait a következőképpen számítottuk:

$$A = p - 1,96 \cdot [p \cdot (1-p) / N]^{0,5}$$

$$F = p + 1,96 \cdot [p \cdot (1-p) / N]^{0,5}$$

Az értékeléskor ugyanazokat a szabályokat követtük, amelyeket a daganatos prevalencia vizsgálatokor. A vizsgálati terület veszélyeztetettségét leíró relatív rizikót (RR) is számítottuk az alábbi módon:

$$RR = (Ra / Na) / (Rb / Nb),$$

ahol: Ra = a regisztrált esetek száma a vizsgálati területen; Rb = a regisztrált esetek száma a referencia területen; Na = népességszám a vizsgálati területen; Nb = népességszám a referencia területen. Ennek alsó (ARR) és felső (FRR) határai:

$$ARR = \exp [\ln(RR) - 1,96 \cdot (1/Ra + 1/Na + 1/Rb + 1/Nb)^{0,5}]$$

$$FRR = \exp [\ln(RR) + 1,96 \cdot (1/Ra + 1/Na + 1/Rb + 1/Nb)^{0,5}]$$

7.9. A veleszületett rendellenességek elemzésének eredményei

A vizsgált időszakban a vizsgálati területen 19, a referencia területen 178 veleszületett fejlődési rendellenességet regisztráltak. A születések száma 262, ill. 1991 volt. A számított prevalenciákat a 7.4. táblázat tartalmazza évenként, a megfelelő megbízhatósági tartományokkal együtt.

7.4. táblázat. Prevalencia adatok a vizsgált és a referencia területen

Év	Prevalencia a vizsgálati területen, %		Prevalencia a referencia területen, %	
1995	3,05	[0,97;5,14]	2,86	[2,13;3,60]
1996	1,30	[0,03;2,57]	2,01	[1,39;2,63]
1997	1,47	[0,04;2,90]	1,92	[1,33;2,51]
1998	1,00	[-0,13;2,13]	1,84	[1,28;2,40]
Összesen:	1,67	[0,92;2,41]	2,15	[1,83;2,46]

A referencia terület prevalenciáihoz képest nem látunk lényeges eltérést a vizsgálati területen, bár összességében alacsonyabb a vizsgálati területen megfigyelt prevalencia. A relatív rizikók is hasonló rizikóprofilot írnak le (7.5. táblázat). A veleszületett rendellenességek relatív rizikója (95%-os megbízhatósági tartomány alapján) 1995 és 1998 között:

7.5. táblázat. Veleszületett rendellenességek rizikóelemzése

Év	Relatív rizikó	95%-os megbízhatósági tartomány
1995	1,04	[0,49;2,21]
1996	0,77	[0,27;2,16]
1997	0,65	[0,23;1,83]
1998	0,56	[0,17;1,81]
Összesen:	0,81	[0,50;1,32]

A vizsgálat szempontjából további fontos információk:

- a vizsgálati területen a fejlődési rendellenességek gyakorisága nem tér el a várható értéktől,
- nagyobb validitással bíró adatok előállítására csak aktív esetfelkutatással kiegészített jelentési rendszer alapján lehetséges.

8. A TÉRSÉG NÉPESSÉGÉNEK TÁPLÁLKOZÁSI SZOKÁSAI

8.1. A táplálékfogyasztási jellemzők felmérési lehetőségei

A radioaktív hulladékok tároló helyéről esetlegesen kikerülő radionuklidok által okozott lakossági sugárterhelés közvetlenül, mérésekkel nem határozható meg, a dózisok becslése csak közvetett módon, modellszámítások segítségével történhet.

A táplálékláncba bekerülő, így a táplálékkal együtt lenyelt radioizotópoktól származó belső sugárterhelés becsléséhez szükséges egyik alapvető paraméter az elfogyasztott táplálék mennyisége. Tapasztalataink szerint a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) által kiadott népességi átlagadatok valamilyen irányban torzítanak. Az értékesítésen alapuló mutatók felülbecsülik a tényleges fogyasztást, mivel nem veszik figyelembe a háztartási és egyéb veszteségeket, valamint a turizmus hatását sem. Ellenben a háztartási statisztikai felmérések inkább alulbecsültek, mivel csak a háztartásokban elfogyasztott élelmiszerekkel számolnak. További gondot jelent, hogy az életkorfüggő sugárterhelés-becslésekhez szükséges korcsoportos fogyasztási adatok egyáltalán nem szerepelnek a KSH kiadványokban.

A fentiekre, valamint arra a tényre tekintettel, hogy a radioaktív hulladéktároló környezete aprófalvas településszerkezetű, előregedett népességű terület, különösen indokolt a térség településszintű felmérésének elvégzése.

A táplálékfogyasztásra vonatkozó adatok gyűjtése szorosan kapcsolódott az ugyan-ezen időpontban végrehajtott további felmérésekhez (*1.9. fejezet*), így természetesen az ott ismertetett módszertani eljárás – irányított mintavétel a háztartásokra – maradéktalanul érvényes ezen adatgyűjtésre is. Az adatgyűjtések összekapcsolása a lebonyolítás egyszerűsítésén túlmenően abból a szempontból is kézenfekvő volt, hogy pl. egyes mezőgazdasági jellemzők (házilag, helyben termelt élelmiszerek részaránya a fogyasztásban, vadon termő növények gyűjtése stb.), közvetlenül a különböző demográfiai, szociológiai jellemzők (pl. családméret, keresők száma) közvetve pedig befolyásolhatják a sugárterhelés becslésére felhasználandó fogyasztási adatokat, ill. azok értékelését.

8.2. A vizsgálat módszertani jellemzői

A fogyasztási adatokat 5 életkori csoportra (1–2, 3–7, 8–12 és 13–17 év közötti gyermekek, valamint felnőttek) állapítottuk meg, amelyek azonosak a belső sugárterhelés becslésére a szakirodalomban elterjedt csoportosítással. Sajnos az egy év alattiak (csecsemők) csoportjában csak 2 adatlapot kaptunk, így őket az értékelésbe nem tudtuk bevenni.

Tekintettel arra, hogy elfogyasztott élelmefajta mennyiségére (tömegére) történő közvetlen rákérdezés nagy szubjektív hibával terhelt becslést eredményez. (Ki tudja megbecsülni grammban pl. a napi, vagy heti átlagos zöldségfogyasztását) Emiatt itt is a LAKÉLM adatbázis létrehozásánál alkalmazott metodikát követtük. Ennek lényege az, hogy az elfogyasztott étel megnevezése mellett mennyiségét a háztartásban használatos köznapi mennyiségekkel kell leírni (tehát pl. egy pohár tehéntej, vagy egy tányér tejfőlés bableves stb.). Az élelmi-

szerek grammban kifejezett mennyiségét ezek után egy számítógépes programmal, az egyes ételekre vonatkozó receptek segítségével állapítottuk meg. Ez a receptgyűjtemény összesen több mint 1500 ételfajtát tartalmaz és 500 féle élelmiszerre, ill. 150 féle élelmiszercsoportra adható meg a fogyasztási jellemző.

A hazai népesség fogyasztási szokásaiban még mindig jelentős különbség tapasztalható az ünnep- és hétköznapi között, ami fokozottan érvényes a falusi lakosságra. Az ebből adódó torzítást elkerülendő, továbbá, mivel csak egyszeri kikérdezésre volt lehetőségünk, a kérdőíveken egy-egy ünnepi és vasárnapi, ill. hétköznapi menü leírását kértük. Ezen adatokat azután 0,2 és 0,8 súlytényezőkkel vettük az átlagolásnál figyelembe, majd az adatokat a teljes régióra összegeztük.

8.3. A táplálékfogyasztás felmérésének eredményei

A térség 3 településéről (Kisnémedi, Püspökszilágy, Váckisújfalu) összesen 675 választ tudtunk feldolgozni, amely a teljes lakosságnak közel 40%-át tette ki. Ebből 665-en töltötték ki a vasárnapra és hétköznapra vonatkozó kérdőívet is. A válaszadók nemek szerinti megoszlása közel egyforma volt (341 férfi, 334 nő). Ezek a számok az egyes korcsoportokra természetesen ki-seb-bek voltak. Jórészt éppen az elöregedett népesség miatt a legkisebb gyermekek korcsoportjában csak összesen 12 válaszadó volt, ugyanakkor a felnőttek között számuk elérte az 515-öt. A válaszadók, ill. az értékelt kérdőívek számát korcsoportonként az 8.1. táblázat tartalmazza.

8.1. táblázat. A feldolgozott kérdőívek, ill. a válaszadók száma

Korcsoport	Kérdőívek		Válaszadó
	Hétköznapra	Vasárnapra	
1–2 éves	12	12	12
3–7 éves	46	46	46
8–12 éves	56	55	56
13–17 éves	45	45	46
≥ 18 év	515	508	515
<i>Összesen:</i>	<i>674</i>	<i>666</i>	<i>675</i>
ebből férfiak	341	336	341
nők	333	330	334

A fogyasztott élelmiszereket nagyobb csoportokba vontuk össze, főként a sugárterhelés becslések-nél használatos csoportosítás alapján. Figyelembe vettük azonban a KSH adatainak strukturáját is, hogy az ezekkel történő összevetést könnyebben el tudjuk végezni. A következő élelmiszercsoportokat hoztuk létre:

- tej (friss és tartósított)
- sajt (ömlesztett és oltott)
- tejszín és tejföl
- vaj
- tojás
- baromfihús
- birkahús
- marhahús
- sertéshús
- gabonafélék (búza, rozs, kukorica)
- rizs
- gyümölcs (alma, körte, szilva, szőlő stb.)
- bogyós gyümölcs (málna stb.)

- csonthéjasok (dió, mandula, mogyoró stb.)
- gomba
- bogyós termésű zöldség (paradicsom, paprika)
- leveles zöldség (saláta, káposzta stb.)
- gyökértermésű zöldség (répa, fehérrépa, cékla stb.)
- burgonya
- ivóvíz (üdítőitalokkal együtt)
- bor, sör

Az adatokat a teljes válaszadók számára átlagoltuk, azaz nem csupán az adott élelmiszer fogyasztását feltüntetőkre számoltunk. Ez a különbség az alapvető élelmiszereknél nem számottevő, ám a fogyasztásban kisebb szerepet játszó élelmiszereknél (pl. gomba) a különbség a kétféle átlag között már igen jelentős lehet.

A csak a fogyasztók csoportjára vonatkozó információ fontos az egyes kritikus csoportok definiálásánál, azonban a teljes csoport átlag jobban közelíti a jellemző átlagos fogyasztást. A fogyasztási jellemzőket az egyes életkori csoportokra a teljes térségére vonatkoztatva a 8.2–8.3. táblázatokban adtuk meg. Korábbi vizsgálataink eredményei (RODOS97) a területi átlagokkal megegyeznek.

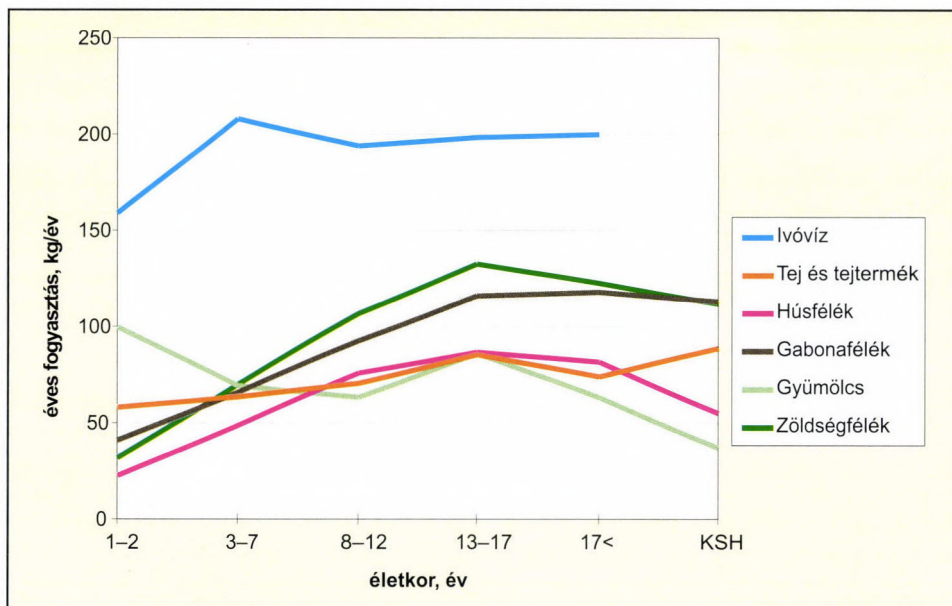
8.2. táblázat. Az egyes élelmiszercsoportok fogyasztási jellemzői a különböző korcsoportokban (kg/év)

Élelmiszercsoport	1–2 év	3–7 év	8–12 év	13–17 év
Tej	51,5	54,7	56,2	71,6
Sajt	3,9	2,7	4,4	4,1
Tejszín, tejföl	0,6	2,5	5,4	5,2
Vaj	2,3	3,7	4,7	4,7
Tojás	6,2	7,2	9,7	15,0
Baromfihús	4,9	6,4	11,6	16,2
Birkahús	0	0	0,5	0
Marhahús	0,4	3,9	4,9	5,0
Sertéshús	17,4	38,5	59,0	65,5
Gabonafélék	39,3	61,2	87,8	114,0
Rizs	1,6	3,0	3,6	2,4
Gyümölcs	97,2	67,5	62,1	82,0
Bogyós gyümölcs	2,7	1,1	0,6	3,0
Csonthéjasok	0	0,8	0,8	1,2
Gomba	0,1	0,7	0,5	1,4
Bogyós term. zöldség	16,8	21,5	34,6	42,8
Leveles zöldség	3,3	8,5	11,6	8,1
Gyökérzöldség	4,0	10,0	12,7	19,5
Burgonya	7,8	30,0	47,5	60,9
Ivóvíz	159,0	208	194,0	198,0
Bor	0	0	0	0
Sör	0	0	0	0
Összesen (ivóvíz nélkül):	260,0	326,0	420,0	522,0
Összesen (ivóvízzel):	419,0	534,0	614,0	721,0

Az átlagos fogyasztási adatok életkor függését az 8.1. ábrán szemléltetjük, ahol a jobb áttekinthetőség érdekében a táblázatokban közölt élelmiszereket még nagyobb csoportokba soroltuk. Látható, hogy a tej és tejtermékek fogyasztása változik legkevésbé az életkorral, míg a gabona-, zöldség- és húsfélék fogyasztása a fiatalabb gyermekeknél jelentősen kisebb. Felmérésünk szerint a legnagyobb élelmiszerfogyasztás a 13–17 év közötti korosztályt jellemzi, ez megegyezik korábbi vizsgálataink eredményeivel (RODOS97).

8.3. táblázat. Az élelmiszercsoportok fogyasztási jellemzői a felnőtt korcsoportra (kg/év)

Élelmiszercsoport	Férfi	Nő	Összesen
Tej	60,5	58,1	59,3
Sajt	5,3	2,8	4,0
Tejszín, tejföl	7,7	6,8	7,2
Vaj	4,5	3,5	4,0
Tojás	12,9	10,4	11,6
Baromfihús	16,4	13,2	14,8
Birkahús	0,1	0,1	0,1
Marhahús	3,1	5,0	4,1
Sertéshús	71,5	53,0	62,2
Hal	0,2	0,2	0,2
Gabonafélék	121,0	106,0	113,0
Rizs	5,1	4,0	4,6
Gyümölcs	62,9	55,2	59,0
Bogyós gyümölcs	1,1	1,1	1,1
Csonthéjasok	3,2	3,4	3,3
Gomba	1,0	0,3	0,6
Bogyós term. zöldség	46,5	40,5	43,5
Leveles zöldség	16,4	15,8	16,1
Gyökérzöldség	19,4	18,0	18,7
Burgonya	48,3	39,2	43,8
Ivóvíz	203	198,0	200,0
Bor	24,4	4,1	14,2
Sör	11,9	0,4	6,1
Összesen (ivóvíz nélkül):	543,0	441,0	492,0
Összesen (ivóvízzel):	746,0	638,0	692,0



8.1. ábra. A főbb élelmiszercsoportok fogyasztási adatainak életkorfüggése

8.4. táblázat. Az egyes élelmiszercsoportok fogyasztásának lakossági átlagértékei a KSH 1998. évi adatai alapján (közép-magyarországi és országos átlag, kg/év)

Élelmiszercsoport	Közép-Magyarország	Országos átlag
Tej	74,5	71,3
Sajt	3,4	2,4
Tejszín, tejföl	13,7	11,5
Vaj	0,9	0,7
Tojás	10,8	13,3
Baromfihús	16,1	18,7
Birkahús	0,4	0,6
Marhahús	1,5	1,2
Sertéshús	31,2	34,6
Gabonafélék	91,5	107
Rizs	5,1	4,8
Gyümölcs	46,4	45,7
Bogyós gyümölcs	1,1	1,1
Csonthéjasok	0,7	0,8
Gomba	1,3	1,0
Bogyós term. zöldség	36,5	34,3
Leveles zöldség	7,6	8,5
Gyökérzöldség	16,2	17,1
Burgonya	41,9	47,6
Ivóvíz	n.a	n.a
Bor	5,7	7,5
Sör	na.	na.

na. – nincs adat

Ha a fogyasztási adatokat összevetjük a KSH lakossági átlagértékeivel (8.4. táblázat), akkor várakozásunknak megfelelően a felnőtt adatok (és így méginkább a 13–17 éves korcsoporté is) az élelmiszerek döntő többségénél nagyobbak a KSH értékeinél. Az egyetlen fontos kivétel a tej és tejtermékek fogyasztása, amelynek a KSH által publikált értéke valamelyest meghaladja a felmérésünkben szereplő bármely korcsoport fogyasztását. Egyes élelmiszer fajták – elsősorban a zöldség és gyümölcs – fogyasztása hazánkban még mindig erős szezonális változásokat mutat. Ilyen szempontból a kora tavaszi mintavétel várhatóan lefelé torzította a fogyasztási adatokat.

8.4. A lakosság jövedelmi viszonyai és fogyasztási jellemzői közötti összefüggések

A püspökszilágyi RHFT térségében elvégeztük a lakosság fogyasztási jellemzőinek és jövedelmi viszonyainak kérdőíves felmérését is. Az érintett településeken (Kisnémedi, Püspökszilágy és Váckisújfalu) a lakosság egy főre eső (bevallott) jövedelme és egyes, a szociális helyzetre, jövedelmekre érzékenynek ítélt fogyasztási adatok közötti korrelációt vizsgáltuk, minden a felmérésbe bevont korcsoportra, ahol ezt az adatok száma lehetővé tette. A vizsgálatba bevont élelmiszercsoportok a következők voltak:

a) „alkohol” – sör, bor, fröccs (csak a bortartalmat figyelembe véve), pezsgő fogyasztás együtt, kg/év,

b) „tömény” – röviditalok (pálinka, konyak, rum, whisky stb.) együtt, kg/év,

c) „üdítő” – gyári palackozású üdítőitalok (Cola-félék, egyéb szénsavas italok, valódi gyümölcslevek nélkül) együtt, kg/év,

d) „hús” – húsfélék (baromfi, marha, sertés, hal) és készítmények (pl. kolbász, szalámi, szalonna) és tojás együtt, kg/év,

e) „tej” – tej és tejtermékek (sajt, tejföl, tejszín, vaj stb.) együtt, kg/év.

A jelen élelmiszercsoportokat, mint egyszerű fogyasztás-jövedelem kapcsolat jellemzőiként vettük. (A részletesebb elemzéshez összetettebb kérdőíves munkára és feldolgozásra lenne szükség, amely most nem volt elsőrendű cél.)

A korrelációt minden olyan korcsoportra meghatároztuk, amelyre elegendő számú adattal rendelkezünk mind a fogyasztás, mind a jövedelem tekintetében. Ennek megfelelően a három településen összesen vizsgált 673 személyt az 5 életkor szerinti (1–2, 3–7, 8–12, 13–17 évesek és felnőttek), és 3 egy főre eső jövedelem szerinti (< 10 eFt, $10\text{--}25$ eFt, és > 25 eFt) csoportba soroltuk be.

A jövedelem és fogyasztás közötti korreláció kimutatására lineáris regressziót alkalmaztunk. A vizsgált változók közötti összefüggés erősségét a lineáris regressziós modellből számolt meredekséggel jellemeztük. Szignifikánsnak tekintettük a 0-tól $p > 0,05$ valószínűségi szinten különböző meredekségeket.

Az eredmények szerint

- szignifikáns pozitív korrelációt találtunk az egy főre eső jövedelem és
- a 2. korcsoport tejfogyasztása, valamint
- az 5. korcsoport alkohol-fogyasztása, között,
- szignifikáns negatív korreláció mutatkozott az 5. korcsoport üdítő-fogyasztása esetén.

Az eredmények közül mindenképpen meglepő a felnőtteknek a jövedelemmel szignifikánsan csökkenő üdítőital fogyasztása. A megfigyelhető nagy szóródás miatt eredményünk a statisztikai jellemzők megválasztására is érzékeny lehet.

Összefoglalva elmondható, hogy az egy főre eső jövedelem és a vizsgált élelmiszerfajták fogyasztása között általában nem található korreláció. Ennek egyik oka az lehet, hogy a vizsgált családok jelentős többségében az egy főre eső havi jövedelem meghaladta a 10 ezer Ft-ot, azaz a fogyasztás-jövedelem összefüggés már nem mennyiségi, hanem valószínűleg minőségi eltérések tartalmazhat. Ennek kimutatására azonban érzékenyebb, célzott felmérésre lenne szükség.

9. ÉLETVITEL ÉS GAZDASÁGI TEVÉKENYSÉG

9.1. Bevezetés

A mezőgazdaság „szocialista átszervezése” előtt, a hagyományos paraszti gazdálkodás időszakában a városi és a falusi lakosság táplálkozási szokásai több szempontból is jobban eltértek egymástól, mint napjainkban. Ezek közül említést érdemel, hogy korábban a város és a falu közötti munkamegosztás egyértelműbb és tisztább volt. Ez azt jelenti, hogy a falusi népesség az általa megtermelt agrártermékek egy részét elfogyasztotta, a felesleget pedig valamilyen úton-módon a városi fogyasztópiacokra juttatta. Ebben a rendszerben a falu mint termelő, a város pedig mint fogyasztó lépett fel, s ez az elkülönülés annyira pregnáns volt, hogy egyes kutatók a város definícióját is erre alapozták: szerintük a város olyan település, ami nem képes önmagát mezőgazdasági termékekkel ellátni. Vele szemben a falu agrártermékekből önellátó.

Az elmúlt évtizedekben ez a séma jelentősen átalakult. Amíg korábban szinte minden paraszti életmódot folytató falusi család számára kötelező „házi feladat” volt az önellátás gabonafélékből, húsból, zöldségből és gyümölcsből, addig ez ma már koránt sincs így: az elmúlt évtizedek falusi folyamatainak egyike éppen az, hogy fokozatosan felbomlott ez az önellátásra törekvő rendszer, s egyre nő a táplálkozásban azon élelmiszerek aránya, amelyek egyébként helyben is megtermelhetők lennének.

Ez a változás nyilvánvalóan szoros összefüggésben van azokkal a folyamatokkal, amelyek az elmúlt évtizedekben jelentősen átalakították a falvak lokális társadalmát, ill. változást hoztak az itt élők mentalitásában is. Ezek közül néhány:

– A foglalkozási átrétegződés a falusi térségek túlnyomó részében alaposan átrendezte az itt élők helyét a munka világában: az agrárszférában dolgozók száma és aránya generálisan lecsökkent, ugyanakkor a falvakban élők tömege lett ipari dolgozó. A változás méreteit jól érzékelteti, hogy az 1980-as években az ipari keresők több mint fele falusi lakos volt. Ez a foglalkozásváltás együtt járt a városi életmód bizonyos elemeinek átvételével (pl. az élelmiszerek boltban vásárlásának előtérbe kerülése), s ez egyúttal az önellátás szintjének csökkenésével is járt.

– A falusi nők munkába állítása szintén hozzájárult a saját termelésű élelmiszerek arányának csökkenéséhez. A kétkeresős szocialista modell felbomlasztotta azt a korábbi rendszert, hogy a férj kereste a pénzt, a feleség pedig ellátta a tágabb értelemben vett háztartást.

– Az elmúlt évtizedekben mintegy másfél millió ember költözött el a falvakból a városokba, vagy az iparvidékekre. Mivel ez az elvándorlás szelektíven elsősorban a fiatalabb, munkaképes rétegeket érintette, a falvakban gyors elöregedés zajlott le. Ez szintén nem kedvezett a korábbi termelési szint megmaradásának.

– A fenti folyamatok a falusi térségekben is differenciáltan zajlottak le, s különösen kedvezőtlenül érintették az aprófalvakat, ahol a lakosság száma az ezret sem éri el. Mivel a vizsgált települések éppen ebbe a kategóriába tartoznak, ez a tényező különösen fontos.

A rendszerváltozás kapcsán felmerülhetett az az elképzelés, hogy a fenti folyamatok hatása csökken, esetleg bizonyos trendváltás is történhet, azaz a falvak a korábbinál nagyobb

mértékben fordulnak a mezőgazdaság felé, s valamelyest erősödhet az önellátásra törekvés is. Ezek a remények azonban egyelőre nem váltak be, vagy ha történt is elmozdulás ebbe az irányba, az eddig még nem jelentkezett látványos formában. Ennek lehetséges okai között főleg az alábbiak említhetők:

– Politikai idealizmusnak bizonyult az az elképzelés, hogy a földek privatizálása nyomán Magyarország a farmergazdaságok hazája lesz, s a szocializmust jellemző tsz-ek helyett ismét a paraszti gazdaságok fogják uralni a mezőgazdaságot. A kárpótlás nyomán a termőföld túlnyomó része magánkézbe került ugyan, de az új tulajdonosok meghatározó része nem rendelkezik megfelelő termelési ismerettel és elegendő termelési eszközökkel, ezért nagyobb részük inkább bérbe adta földjét és nem vállalkozott magángazdálkodásra.

– Az ország népesedési folyamatait a rendszerváltozás után szemlélve talán az a legfeltűnőbb, hogy összességében elkezdett növekedni a falusi népesség száma, a városok pedig elveszítették lakosságuk egy részét. Ez a folyamat azonban differenciáltan zajlott, ill. zajlik a falusi térségekben: elsősorban a nagyobb városok körüli községek népessége növekszik a szuburbanizáció révén, ebből az aprófalvak szinte semmit sem profitálnak.

– További fontos sajátosság, hogy az aprófalvak a rendszerváltozás nagy munkaerőpiaci vesztesei közé tartoznak. Az itt kialakult magas és tartós munkanélküliség egyik következménye, hogy az aprófalvak egy részében felerősödött a társadalmi slumosodás, megnőtt a deprivált, perifériára sodródott, vagy tartósan ott élők (messze nem csak romák!) száma és aránya. Ezek pedig nem, vagy csak minimális mértékben vesznek részt a mezőgazdasági termelésben.

– Ezzel párhuzamosan viszont egyre csökken azoknak a száma, akik számára a földhöz és a mezőgazdasági termeléshez való kötődés még evidencia volt. Ez az a réteg, ami még öreg korában is legalább a konyhakertet megpróbálja művelni, s törekszik az önellátás valamilyen szintjére.

9.2. A vizsgálatok módszere

Amint az a fentiekből is kitűnt, a falusi lakosság és a mezőgazdasági tér változó kapcsolatának részletes megismerése és felmérése nem egyszerű feladat. A gond ott kezdődik, hogy a hivatalos statisztika ezzel kapcsolatban nem közöl településszintű adatokat, így az információk megszerzése csak saját adatgyűjtés révén történhet.

A három településben elvégzett kérdőíves felmérés a háztartások kb. 90%-ára terjedt ki, s ez már bőségesen elegendő a megalapozott következtetések levonására, ill. a lakosság gazdasági tevékenységének reális bemutatására. A vizsgálat alapvető célja az volt, hogy a háztartások szintjén szerezzünk elsődleges információkat a mezőgazdasági termelés különböző szegmenseiről. Ennek megfelelően összesen öt terület volt különösen fontos:

- a konyhakerti termelés,
- a gyümölcsstermesztés,
- a szőlő- és borkultúra,
- az állattartás, valamint
- a szántóföldi gazdálkodás.

Ezen kívül voltak még kérdések a vadon termő növények gyűjtésével, a hal- és vad- hús fogyasztásával kapcsolatban is.

A vizsgálat minden részterületén elsődleges fontosságú volt annak megállapítása, hogy a megkérdezettek milyen arányban kapcsolódnak be az agrárgazdaságba. Ezzel azonban még nem

sokat tudtunk volna meg arról, hogy a saját termelésű élelmiszerek és alapanyagok milyen súlyt jelentenek a lakosság táplálkozásában, ezért szükséges volt részletező kérdések feltétele is.

Erre elsősorban a konyhakerti termelés és az állattartás esetében került sor, mivel ezek kapcsolódnak leginkább a háztartáshoz. Ezekben az irányokban felmérésre kerültek a termelt növények a termésmennyiséggel együtt, ill. a tartott állatfajok és az egvedszám.

További lényeges problémakör volt a megtermelt, ill. előállított élelmiszerekből és alapanyagokból a saját felhasználás aránya, ezért eziránt is tudakozódtunk. Ezen túlmenően fontos volt a termelés, ill. állattartás volumenének időbeli átalakulása, ezért ebben az irányban is voltak kérdések. Terítékre került egy speciális probléma, az öntöző, ill. az itatóvíz eredete is.

A szőlő- és gyümölcstermesztés esetében a kérdések nem voltak ennyire részletezőek, itt főleg az ezzel is foglalkozók arányának a megismerése volt a lényeg, valamint a produktum felhasználási módja.

Más volt a megközelítés szempontja a szántóföldi gazdálkodás esetében, mivel az itt termelt növények ma már alig játszanak szerepet a háztartás közvetlen ellátásában. Az egyik fő kérdés itt is az volt, hogy a népesség milyen arányban lett tulajdonos a kárpótlás nyomán, ill. bérelnek-e szántóföldet. Itt is lényeges volt a termelt növények köre, valamint a termésátalakok alakulása különböző években. Igyekeztünk adatokat gyűjteni a szántóföldi gazdálkodás konkrét költségeiről és ehhez kapcsolódóan a rentabilitásról is, továbbá megtudakoltuk a tulajdonosok, ill. bérlők jövőre vonatkozó elképzeléseit is. Az RHFT speciális jellege miatt szükséges volt információkat gyűjteni a vadon termő növények gyűjtésének elterjedtségéről, valamint a hal- és vadhús fogyasztásának jelentőségéről.

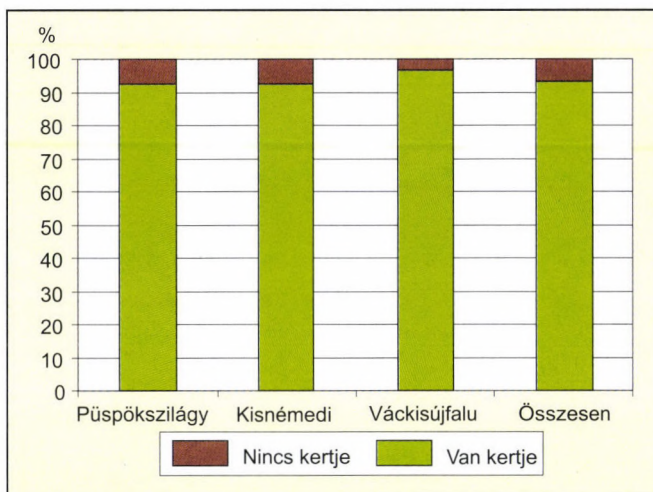
Ezen szempontok alapján állt össze végül is az a kérdőív, ami 36 kérdés köré csoportosította az adatgyűjtést.

9.3. A konyhakerti gazdálkodás jellemző vonásai

A falusi lakosság táplálkozásában a konyhakert terményei még ma is fontos szerepet játszanak, így a felmérés egyik súlyponti területe is a konyhakerti gazdálkodás jellemző vonásainak feltárása volt. A háztartások élelmiszerral történő ellátásában a konyhakert jelenleg is kiemelkedő jelentőségű a vizsgált településekben. Ezt egyértelműen jelzi, hogy a családok döntő többségének van kisebb-nagyobb konyhakertje: a megkérdezett 526 háztartásból mindössze 35-nek nem volt, ami még 7%-ot sem tesz ki (9.1. ábra).

A konyhakerti gazdálkodás jelentőségének megítélésében további lényeges szempont, hogy a kertek mérete meglehetősen nagy: az átlagos konyhakert nagysága Püspökszilágyon közel 900 m², Kislénmedin alig marad el az 1000 m²-től, Váckisújfalun pedig meghaladja az 1200 m²-t. A legtöbb konyhakert a három faluban az 500–2000 m² közötti kategóriába esik, az 500 m²-nél kisebb kertek aránya csak Püspökszilágyon éri el a 30%-ot. Az igazán nagy konyhakertek a legnagyobb arányban Váckisújfalun fordulnak elő: itt minden hatodik kert nagyobb 2000 m²-nél. A konyhakertek mérete egyébként eléggé tág határok, 30 m² és 7200 m² között mozog.

A nagyméretű konyhakertek lehetővé teszik, hogy a lakosság a zöldségfélék viszonylag széles skáláját termelje meg: a felmérés szerint mintegy két tucat zöldségféle, ill. aprógyümölcs (pl. málna) fordul elő a három település konyhakertjeiben. A teljes paletta nemigen fordul elő, az egyes konyhakerti növények termelési gyakorisága meglehetősen eltérő. Összesen 6 olyan növény van, aminek termesztése általánosnak mondható, azaz 5 konyhakertből legalább 4-ben előfordulnak: ez a sárgarépa, fehérrépa, vöröshagyma, burgonya, zöldborsó



9.1. ábra. A konyhakerttel rendelkezők aránya a vizsgált településeken

és a paradicsom. A konyhakertek 70–80%-ában fordul elő a paprika, uborka és a zöldbab, de a megkérdezettek több mint fele étkezési tököt is termel. A felsoroltak mind a falusi kertek hagyományos növényei közé tartoznak.

A zöldségfélék mellett gyakori két aprógyümölcs termelése is: a három település átlagában nézve kb. minden második konyhakertben van földieper és málna. Ugyanakkor néhány korábban általánosan termelt konyhakerti növény jelentős mértékben visszaszorult a táplálkozási szokások átalakulásával. Ezek közé tartozik pl. a bab, ami egykor a falusi konyhakertek legközönségesebb növényei közé tartozott, a vizsgált településeket nézve viszont csak minden negyedik–ötödik konyhakertben fordul elő. Hasonlóképpen alacsony a káposzta előfordulási aránya is, ebben azonban a táplálkozási szokások mellett feltehetően a növényvédelmi problémák is szerepet játszottak.

Mivel a konyhakertek mérete meglehetősen nagy, az előállított termésmennyiség is jelentős. Ez azt jelenti, hogy a lakosság nem „hobbiból” termeli a konyhakerti növényeket, hanem a család tényleges táplálkozási szükségleteit, vagy még annál többet is elő tud állítani.

A konyhakerti gazdálkodás fentiekben vázolt általános vonásai mellett helyi sajátosságok mindhárom településben megfigyelhetők. *Püspökszilág* esetében leginkább a málna mint speciális kultúra termelése emelhető ki. A felmérés adatai szerint a kerttulajdonosok 60%-a foglalkozik ezzel a munkaigényes növényvel, ráadásul szinte már ipari méretben. Ezt a terméshozamok egyértelműen jelzik: az egy termelőre jutó termésmennyiség mintegy 330 kg volt az elmúlt évben. Csak saját fogyasztásra alig termelnek málnát (10 kg alatti termésmennyiség mindössze 5 esetben fordult elő), a termés döntő része hűtőházakba kerül. A termés volumenét jelzi, hogy az elmúlt évben a 126 termelő több mint 41 tonna (!) málnát produkált, ezek közül 31 termelő 1000–1200 kg közötti mennyiséget termelt. Ilyen volumen a ház körüli konyhakertekben nem állítható elő, ezért a málnatermelés egy része kitelepült a határ faluhoz közeli részébe.

A többi konyhakerti növény termelését nézve kitűnik, hogy összesen 9 olyan akad, amivel a termelők legalább 70%-a foglalkozik (9.2. ábra). Mivel a kertek átlagos mérete itt a legkisebb, a megtermelt mennyiségek is itt a legalacsonyabbak.

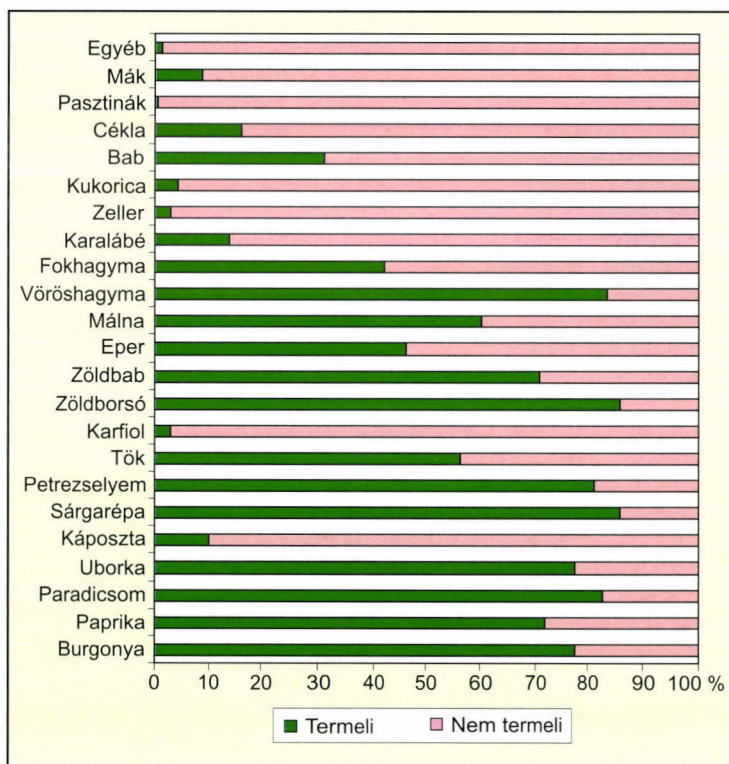
Püspökszilágyhoz hasonlóan a málna *Kisnémediben* is táj kultúra, a megkérdezettek közel 60%-a foglalkozik a termelésével. A megtermelt mennyiség azonban kisebb, az elmúlt évben összesen mintegy 21 tonnát tett ki. Itt már jelentősebb számban voltak olyan termelők, akik 100 kg alatti mennyiséget termeltek, a legnagyobb csoportot a néhány száz kg-t produkálók alkották, de egy termelő 1000 kg-os, egy másik pedig 1500 kg-os termésmennyiségről számolt be.

A többi konyhakerti növény közül a 70%-os elterjedtséget hét érte el (9.3. ábra). Püspökszilágygal ellentétben itt az uborkát és a paprikát kisebb arányban termelik, ugyanakkor az átlagos termésmennyiségek valamivel nagyobbak.

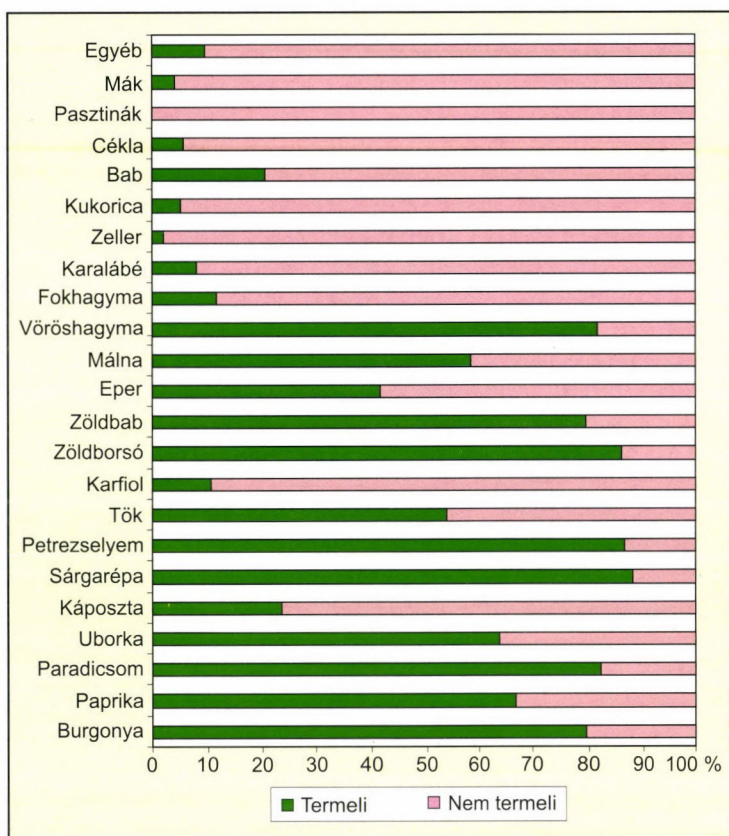
Ellentétben a másik két faluval, *Váckisújfalun* a málna már nem táj kultúra, a kerttulajdonosok kb. 1/4-e foglalkozik vele, de csak az önellátás szintjén. Az elterjedtség és a termésmennyiségek alapján itt a burgonya említhető, mivel a megkérdezettek több mint 90%-a termeli, s az előállított mennyiség átlagosan közel 500 kg, ami már érzékelhetően meghaladja az önellátáshoz szükséges mennyiséget.

Váckisújfalun 9 konyhakerti növény lépi túl a 70%-os határt, ezek közül a burgonyát, a sárgarépat és petrezselymet szinte mindenki termeli (9.4. ábra). A nagyobb kertméret következtében a megtermelt átlagos mennyiségek is nagyobbak, mint a másik két faluban.

A megtermelt zöldségfélék túlnyomó részét a saját háztartásban használták fel, a megkérdezettek csak 15–16%-a említette, hogy a produktum egy részét elajándékozza, vagy eladja felvásárlónak, a piacon történő eladás aránya pedig még alacsonyabb volt. A három te-



9.2. ábra. A konyhakerti növények termelése Püspökszilágyon

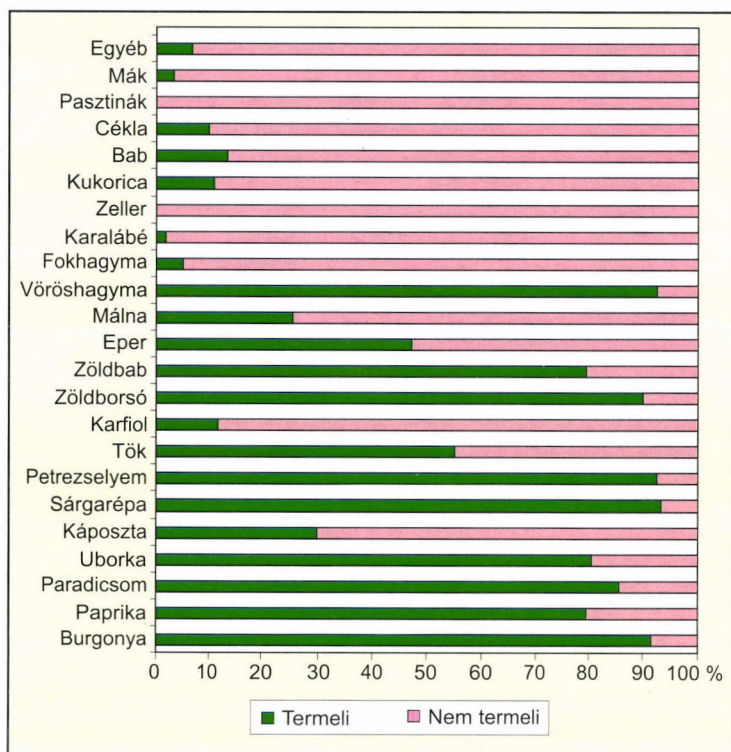


9.3. ábra. A konyhakerti növények termelése Kisnémediben

lepülés azonban ebből a szempontból sem volt egyveretű: a válaszok megoszlása alapján az önellátás szintje Kisnémedin volt a legalacsonyabb, itt a megkérdezettek kb. 20–20% a megtermelt zöldségfélék egy részét általában elajándékozza, vagy eladja felvásárlónak. Váckisújfalu esetében a piacozók 10% feletti aránya érdemel említést (9.5. ábra).

A fentiek alapján nem meglepő, hogy a megtermelt konyhakerti produktumok értékesítési módja jelentősen eltért Váckisújfalun, ill. a másik két településben. Püspökszilágyon és Kisnémedin a nagy mennyiségű málnát értékesítenek, más terményeket csak szórványosan és kisebb tételben adnak el. Ez főleg Kisnémedire volt jellemző, ahol a 200 megkérdezettből mindössze 4 adott el kisebb tételben babot, sárgarépát, paprikát, burgonyát és borsót. Püspökszilágyon is mindössze 9 megkérdezett adott el málnán kívül mást is, főleg burgonyát és sárgarépát, egy termelő pedig 250 kg feketeribizlit.

Más volt a helyzet Váckisújfalun, ahol az adatok szerint a piacozás jelentős szerepet játszik a konyhakerti termények értékesítésében. Ezt egyértelműen jelzi, hogy minden hatodik válaszadó ad el a piacon valamilyen konyhakerti terméket. Az eladott termékek palettája elég széles, a mennyiséget tekintve a burgonya áll az élen, ebből néhány termelő 2000–3000



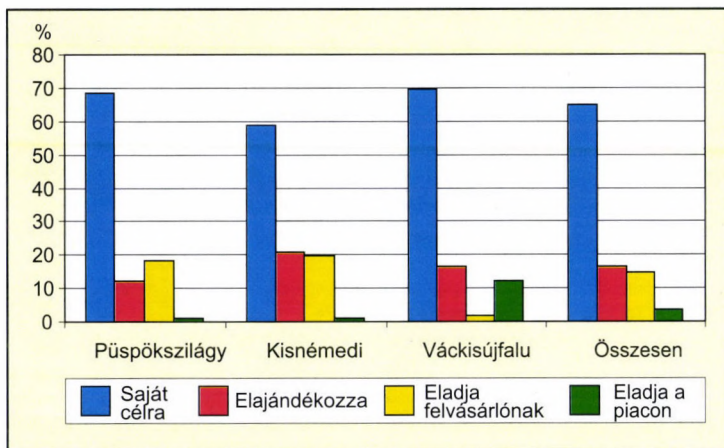
9.4. ábra. A konyhakerti növények termelése Váckisújfalun

kg-t is értékesít. A piacozókra jellemző, hogy amit termelnek, annak egy részét értékesítik is. Ez kb. 80%-ban a váci piacon történik, a maradék elsősorban Budapesten talál vevőre.

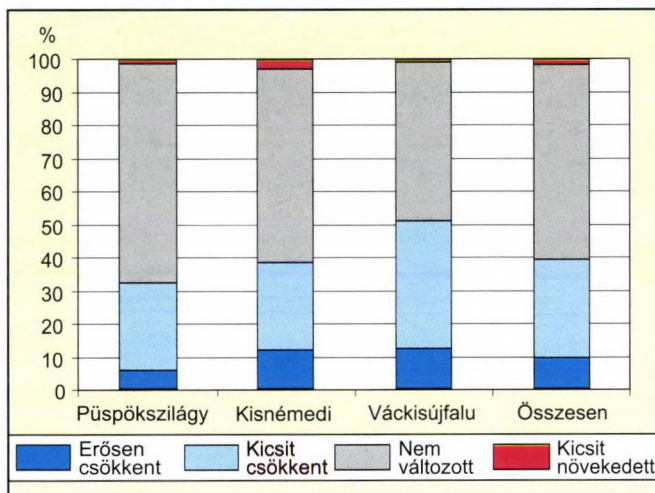
A konyhakerti növények termelését számos tényező befolyásolja, így e téren akár néhány éven belül is jelentős változások történhetnek a termékszerkezetet és a mennyiséget illetően is. Az utóbbit nézve a felmérés adatai azt jelzik, hogy az elmúlt 4–5 évben bizonyosan csökkent a termelés. A három települést együttesen kezelve a megkérdezettek közel 60%-ánál nem változott ugyan a termelés, mintegy 30% viszont enyhe csökkenésről tett említést, közel 10% pedig egyenesen erős csökkenésről számolt be. Ezzel szemben a termelést növelők aránya elhanyagolható.

A vizsgált települések között ezen a téren is érzékelhető különbségek figyelhetők meg: a legnagyobb visszaesés Váckisújfalun volt, itt a válaszadók felénél kisebb-nagyobb mértékben csökkent a termelés, a leginkább stabil termelési szint pedig Püspökszilágyon alakult ki (9.6. ábra).

A lakosság jelenlegi szándékai szerint a közeljövőben a konyhakerti termelés jelenlegi szintjének stabilizálódása vagy minimális csökkenése várható. A megkérdezettek döntő többsége (85%) marad a jelenlegi szinten, kb. 10% csökkenti a termelés, mintegy 3% pedig növelni kívánja. Mindössze 4 személy akarja teljesen abbahagyni a gazdálkodást. Az átlagosnál valamivel nagyobb csökkenés Váckisújfalun várható (9.7. ábra).

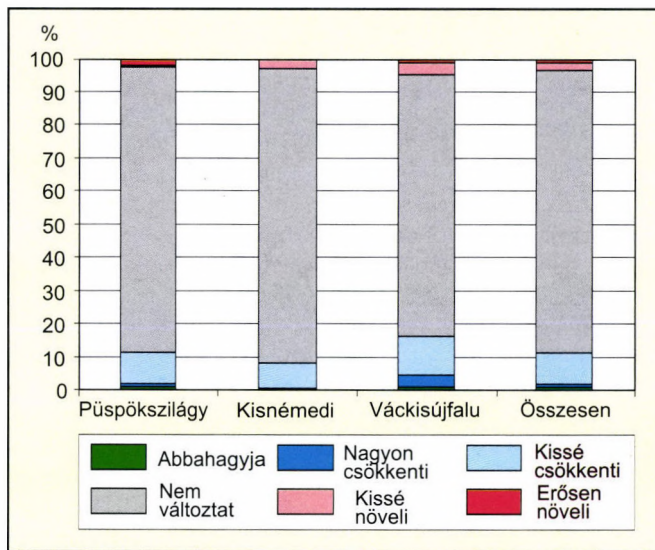


9.5. ábra. A megtermelt zöldségfélék felhasználása

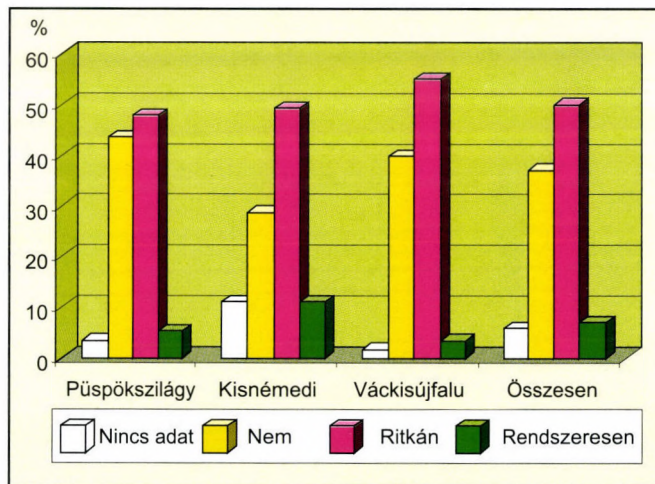


9.6. ábra. A konyhakerti növények termelésének alakulása az elmúlt években

Mivel a konyhakerti gazdálkodás a mezőgazdaság intenzív területei közé tartozik, a termelés alapfeltételei közé sorolható az öntözés vagy a locsolás. A vizsgált térségben ez annál is inkább lényeges, mert a vidék nem tartozik az ország legcsapadékosabb területei közé: az éghajlati vízhiány hosszútávon évi 150 mm körüli értékre tehető. Ehhez viszonyítva az öntözött konyhakertek aránya nem túlságosan magas, nem éri el a 60%-ot sem. Ezen belül is döntő többségben csak ritkán locsolják a kertet, a rendszeresen locsolt kertek aránya minimális. Bizonyos különbségek ezen a téren is vannak a vizsgált települések között: az adatok szerint a locsolás/öntözés leginkább Kisnémedin terjedt el (9.8. ábra).

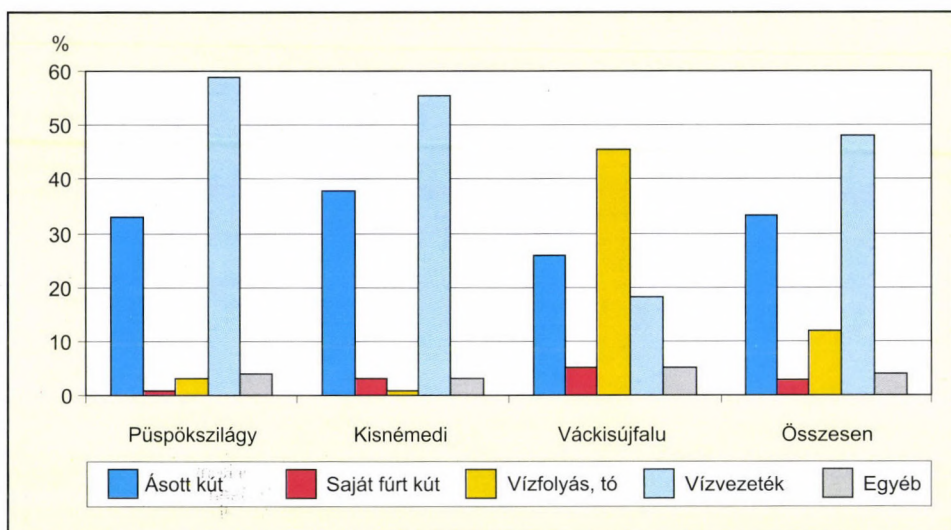


9.7. ábra. A konyhakerti termelés várható alakulása a közeljövőben a válaszadók szándéka alapján



9.8. ábra. A locsolás(öntözés) elterjedtsége a vizsgált települések konyhakertjében

Az öntözővíz eredetét nézve kitűnik, hogy elsősorban a helyi vízvezetékhalózat, másodszorban pedig az ásott kút jön szóba. A három településre összességében a válaszadók közel 50%-a az előbbi, 1/3-a pedig az utóbbit említette. Az átlag mögött azonban ezúttal is jelentős különbségek húzódnak meg, mivel Váckisújfalu teljesen más az öntözővíz származásának összetétele, mint a másik két faluban. Itt a lakosság jelentős mértékben felhasználja a településen átfolyó pa-



9.9. ábra. Az öntözéshez használt víz származása

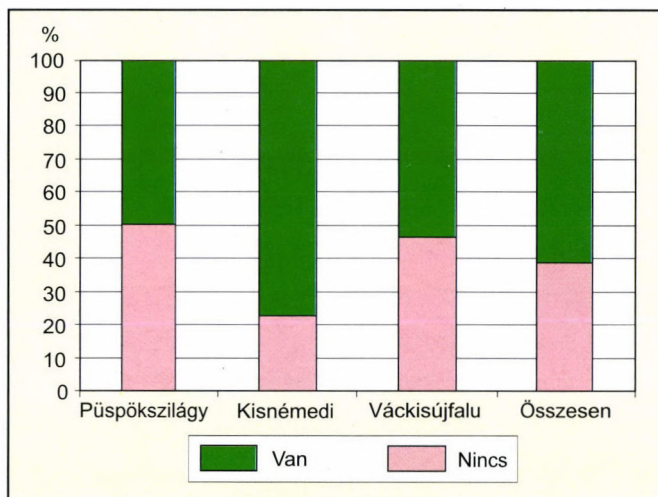
takok vizét, így a megkérdezettek közel fele ezekből locsolja a kertjét, s az erre a célra vezetékes vizet használók aránya még a 20%-ot sem éri el. Püspökszilágyon és Kisémedin viszont a településeken átfolyó patakok kihasználása erre a célra minimális (9.9. ábra).

9.4. A gyümölcstermelés néhány sajátossága

A falusi porták képéhez a gyümölcsfák mindig is hozzátartoztak, ezért előzetesen felteleztük, hogy Püspökszilág térségében is érdemes lesz adatokat gyűjteni a gyümölcstermelésről. Ez végül is igazolódott, mert a megkérdezett háztartások több mint 60%-ában foglalkoztak valamilyen mértékben gyümölcsfélékkel is. Ez annál is inkább fontos, mert a térség nem tartozik az ország hagyományos gyümölcstermelő területei közé. Ez egyes települések között is voltak eltérések: Kisémediben a megkérdezettek több mint 3/4-ének, Püspökszilágyon viszont csak alig felének voltak gyümölcsfái (9.10. ábra).

A felmérés szerint jelentősebb arányban 8 gyümölcsfélével foglalkoznak, ezek közül is leginkább elterjedt az alma, a körte és a szilva. A többi fajta közül még a dió érdemel említést, mert itt az elterjedtsége talán nagyobb, mint az országosan megfigyelhető. Bizonyos különbségek az egyes települések között is vannak, Vákisújfalu pl. a szilva a leginkább elterjedt, cseresznyével viszont alig foglalkoznak. Kisémedi esetében elsősorban az érdemel említést, hogy itt az átlagnál több gyümölcsféle fordul elő az egyes portákon. A „mindenből egy keveset” elv leginkább itt érvényesül (9.11. ábra).

A gyümölcstermelés alapvető célja az önellátás, a válaszadók 85%-a kizárólag saját felhasználásra termel. A felesleg nagyobb részét elajándékozzák, kisebb részét piacon eladják, felvásárlónak gyakorlatilag nem szállítanak. Ebből a képből leginkább Vákisújfalu „lóg



9.10. ábra. A gyümölcsöskertek, ill. a gyümölcsfák elterjedési arányai a községben

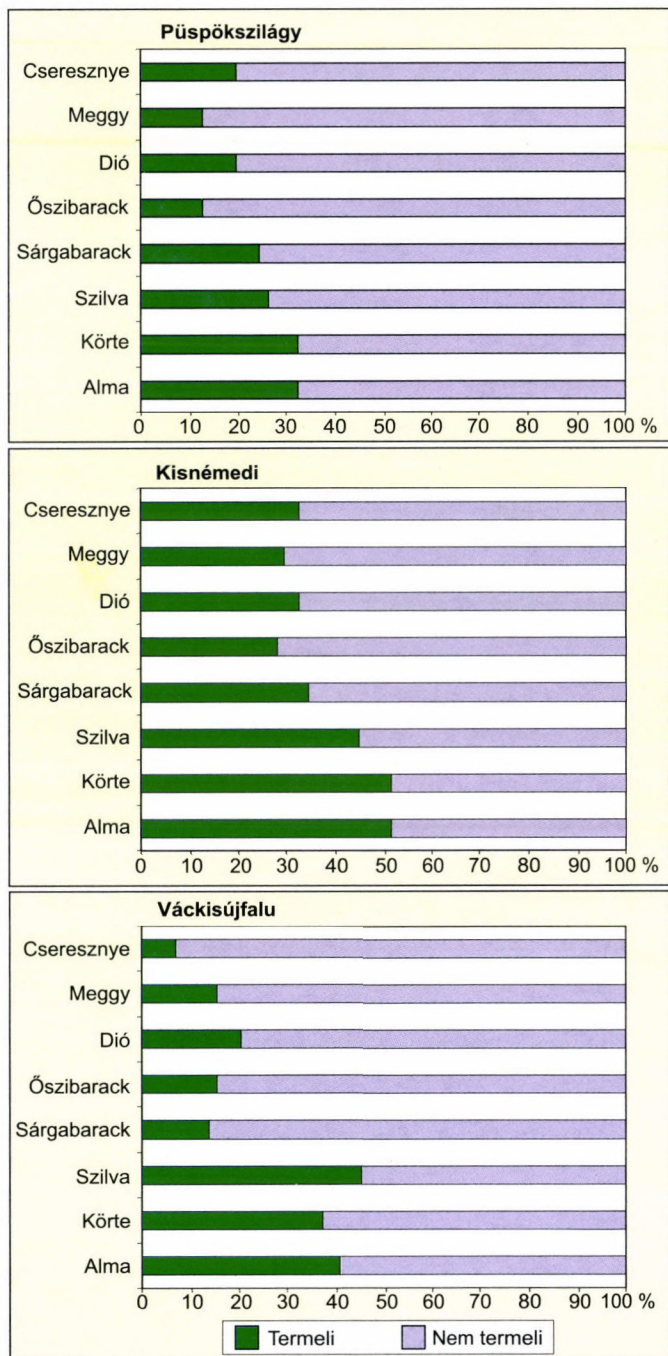
ki”, ahol a konyhakerti gazdálkodásnál már említett piacozás ezen a téren is jelentkezik, ráadásul itt jóval nagyobb arányú a keletkező többlet elajándékozása is (9.12. ábra).

A fentiek alapján nem meglepő, hogy a legtöbb gyümölcsféle esetében az egy háztartásra jutó átlagos termésmennyiség Váckisújfalu jóval magasabb, mint a másik két településen: a különbség alma esetében háromszoros (150, ill. 50–50 kg), körténél közel háromszoros (85, ill. 33 kg). Azt azonban mindenképpen szükséges megjegyezni, hogy a váckisújfalu átlagokat mindkét gyümölcsféle esetében egy-egy nagyobb termelő emelte meg jelentősen (5 tonna alma, ill. 2 tonna körte produktummal).

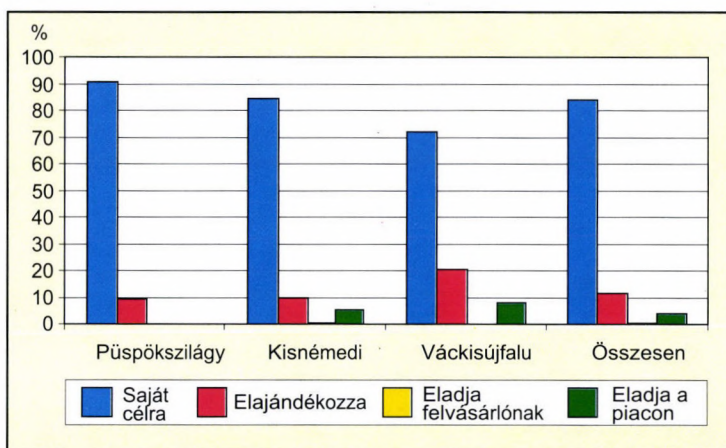
9.5. A térség lakosságának szőlő- és bortermelő tevékenysége

A vizsgált terület a közelében sincs történelmi borvidéknek, sőt még az „egyéb szőlőtermő helyek” kategóriába sem tartozik bele, ennek ellenére a szőlő- és borkultúra nem ismeretlen a vidéken. Ennek oka jórészt abban kereshető, hogy a kisebb-nagyobb szőlőterületek egykor integráns részét képezték a parasztgazdaságoknak. Ez ugyan ma már nincs így, de a szőlő- és bortermelés valamilyen szinten mindhárom településben előfordul: a legnagyobb arányban Kisémedin, ahol minden ötödik megkérdezett háztartásnak volt szőlője, valamivel kisebb az arány Püspökszilágyon (kb. 16%), a legkisebb pedig Váckisújfalu (5%). Az utóbbi esetben azonban az arány félrevezető, mert az itt élőknek hagyományosan Őrbottyán közigazgatási területén vannak szőlőskertjei, a felmérés viszont csak a lakóhelyre vonatkozott.

A szőlőskertek átlagos mérete mindhárom faluban hasonló (620–670 m²), az átlag mögött azonban nagy szélsőségek húzódnak meg. Kisémedi esetében leginkább a 100–200 négyszögletes szőlőskertek a jellemzőek, de akadt 5 db 0,5 kh méretű is. Váckisújfalu esetében egy 3000 m² feletti szőlőskert emelte meg az átlagot. Püspökszilágyon is hasonló a helyzet, ahol az 5 félholdas és a 2 kb. negyedholdas szőlőskert növelte meg az átlagos méretet.



9.11. ábra. Különféle gyümölcsök termelése a vizsgált településeken



9.12. ábra. A megtermelt gyümölcs felhasználási arányai a községben

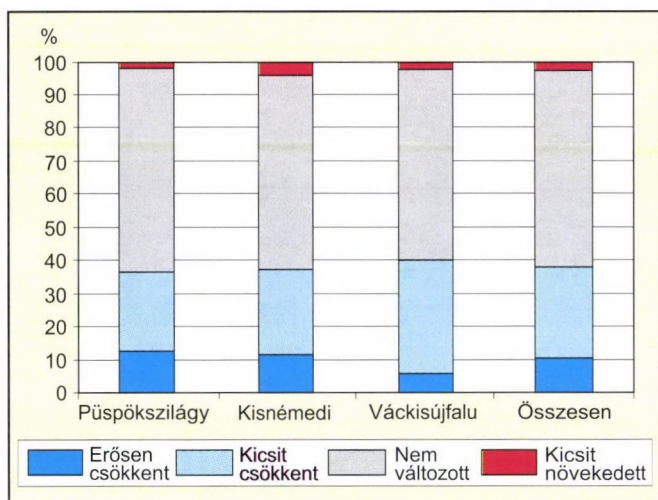
A bort előállítók száma alacsonyabb, mint a szőlőterülettel rendelkezők, mert a termelők egy része a szőlőt eladja. Az előállított bor mennyisége nem jelentős, a válaszadók bevallása szerint Püspökszilágyon és Kisémediben átlagosan 2–3 hl termelőként, Váckisújfalu pedig még az 1 hl-t sem éri el. A dolog természete miatt ezek az adatok természetesen fenntartással kezelendők. Az viszont hihető, hogy a bor szinte teljes egészében saját felhasználásra készül: a három településen összesen hárman jelezték a bor eladását, négyen pedig az ajándékozást.

9.6. Az állattartás sajátosságai

A hagyományos parasztgazdaságokhoz az állattartás ugyanúgy hozzátartozott, mint pl. a konyhakert, s ez a tradíció a vizsgálati területen részben ma is jelentkezik. Ezt jól jelzi, hogy a megkérdezett háztartások közel 70%-ában tartottak valamilyen haszonállatot. A három település közül Váckisújfalu volt a leginkább elterjedt az állattartás (9.13. ábra).

Komoly méretű állattartás viszont egyik faluban sincs: az állatot tartó háztartások ugyanis szinte teljesen azonosak a tyúkot tartókéval, a családok jelentős része más állattal nem is foglalkozik. A másik fontos haszonállat, a sertés aránya is csak Váckisújfalu érte el az 50%-ot, Püspökszilágyon pedig csak az állattartó háztartások bő egynegyedében, Kisémedin pedig 30%-ában fordult elő. A harmadik leggyakoribb állatfaj a kacsa, ezt főleg Váckisújfalu tartották nagyobb arányban (a háztartások közel 20%-ában), de ott volt átlag minden nyolcadik családnál a másik két faluban is. E mellett említést érdemel a házinyúl is: minden tizedik háztartásban foglalkoztak vele.

A felsorolt kisállatokkal szemben a nagyállatok tartása gyakorlatilag megszűnt: fejőstehént a három faluban összesen hárman tartottak (összesen 8 állatot). Húshasznú szarvasmarha összesen 3 volt a felmért háztartásokban, ló pedig 4 (valamennyi Kisémedin). Szinte teljesen eltűnt a dombvidékek hagyományos állata, a juh (a felmérésben 10-et sem érte el a számuk), ennél még a „szegény ember tehenéből”, a kecskéből is több volt. Az utóbbit tucatnyi háztartásban tartották, de nagyobb méretben (100 állat) csak egy püspökszilágyi gazda foglalkozott vele.



9.13. ábra. Az állattartás elterjedtsége a vizsgált településeken

A tartott állatok száma általában alacsony: sertésből átlagosan kettőt, tyúkból 15–18-at, kacsából, nyúlból 10–12-db-ot tartanak. Ezek a számok egyértelműen jelzik, hogy itt alapvetően csak saját ellátásra történik az állattartás. A három faluban összesen nyolcan nyilatkoztak úgy, hogy önellátásra és eladásra is tartják az állatokat, kizárólag eladás céljából senki sem foglalkozott állattartással.

Így nem meglepő, hogy állatokat, ill. állati termékeket szinte alig értékesítettek a három településben. A legnagyobb tétel még az a kb. 10 ezer liter tehén- és kecsketej, valamint 22 mázsa méz volt, amit Püspökszilágyon adtak le.

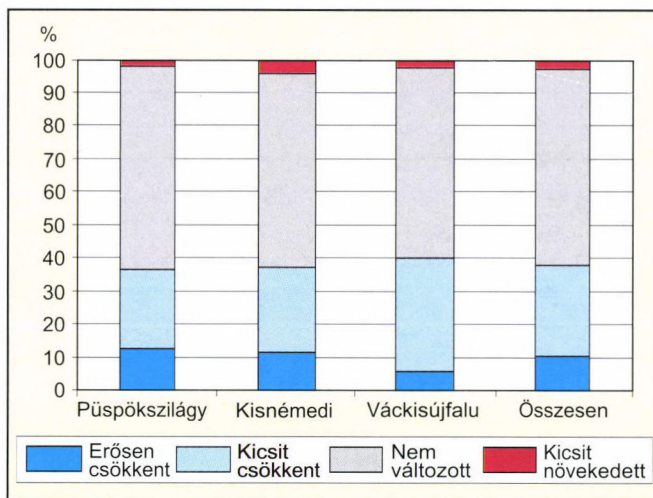
Az elmúlt években az állatállomány érzékelhetően csökkent mindhárom faluban: a megkérdezett háztartások 60%-ában nem változott ugyan az állomány, közel 40%-ában azonban valamilyen mértékben csökkent. Ezzel szemben alig néhány esetben volt kisebb növekedés (9.14. ábra).

A felmérés tanúsága szerint az elkövetkező években a jelenlegi állomány stabilizálódására vagy csekély mértékű csökkenésére lehet számítani: a válaszadók közel 90%-a nem kíván változtatni állattartási szokásain 7–8% kissé csökkenti, 2% kissé növeli állományát. Néhányan pedig erősen csökkentik az állományt, vagy abbahagyják az állattartást. Az adatok szerint az állomány stabilitása leginkább Kisémediben várható (9.15. ábra).

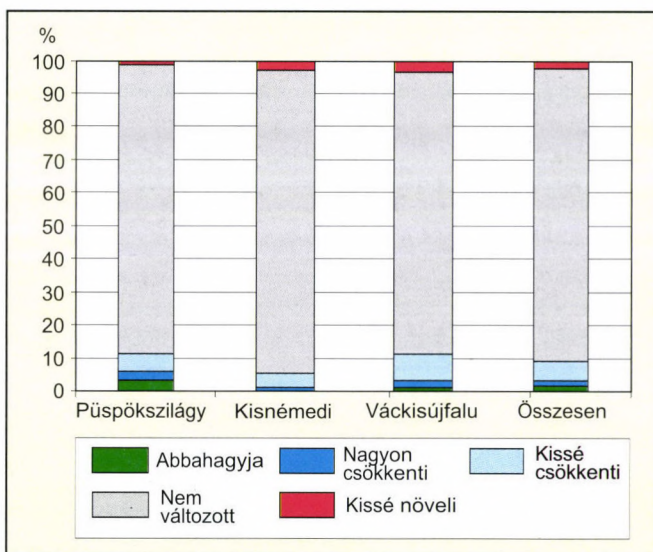
Az állatok itatása egyre inkább vízvezetékiből történik, de nem tűnt el teljesen a kútból történő itatás sem. Ez főleg Váckisújfalun figyelhető meg, ahol minden negyedik állattartó még az ásott kútból nyeri az itatóvizet (9.16. ábra).

9.7. A szántóföldi gazdálkodás néhány jellemzője

Amint már utaltunk a rendszerváltozás után illúzióknak bizonyult az a politikai elképzelés, hogy a magyar mezőgazdaságban a tsz-ek helyét az életképes paraszti gazdaságok fogják át-



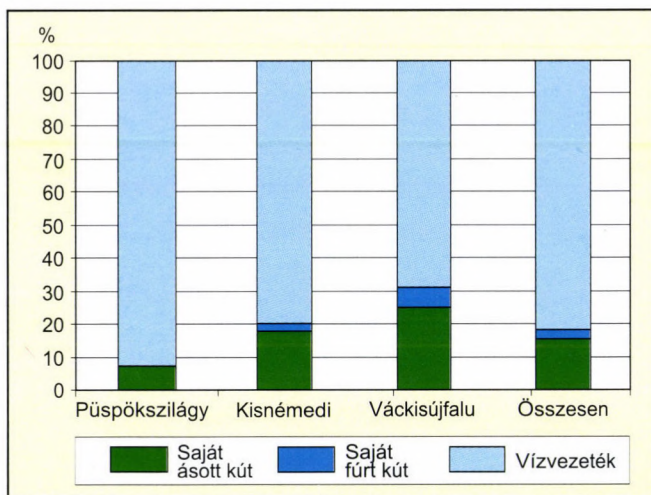
9.14. ábra. Az állatállomány alakulása az elmúlt években



9.15. ábra. Az állattartók várható magatartása az állománnyal kapcsolatban

venni. Mivel ennek alapvető feltételei hiányoztak (és hiányoznak még ma is), a falusi lakosság zöme kísérletet sem tett arra, hogy alapvetően a mezőgazdaságból próbáljon megélni.

Erre a vizsgálati területen már csak azért sem lenne lehetőség, mert a lakosság döntő része egyáltalán nem rendelkezik szántófölddel. Felmérésünk tanúsága szerint Váckisújfalu a válaszadók közel 30%-ának volt kisebb-nagyobb szántója, Kisémedin ugyanezt minden ötödik, Püspökszilágyon pedig csak minden hetedik megkérdezett mondhatta el magáról.



9.16. ábra. Az itatóvíz beszerzési helye

Az alacsony földtulajdonosi hányad mellett további jellegzetessége a térség szántóföldi gazdálkodásának, hogy a terület döntő részét bérbeadják, nem pedig maguk művelik. Így mindhárom falu határában jelenleg is a nagyüzemi gazdálkodás a meghatározó, az egykori tsz-ek átalakult utódszervezetei művelik a földet: Püspökszilágyon és Kisémediben a Zöldmező Kft, Váckisújfalu a Mácsa és a Homokszér szövetkezetek.

Az általános tendenciák mellett mindhárom faluban akadnak helyi sajátosságok is. Püspökszilágyon mindössze hat megkérdezettnek volt saját művelésű szántója, ezek mérete azonban viszonylag nagy, így volt két 10 és egy 4 ha-os birtok is. Ezekre önálló egzisztenciát természetesen nem lehet építeni, csak kiegészítő szerepük van. A gazdák főleg búzát és kukoricát termelnek, az egyik 10 ha-os terület azonban lucernás volt. A gazdálkodás nullszaldós, vagy szerény nyereséget hozott, a termelők a jövőben sem kívánják bővíteni szántóföldi gazdálkodásukat.

Kisémedin közel tucatnyi megkérdezett művelte maga a szántóját, ez azonban messze állt a klasszikus szántóföldi gazdálkodástól. Ezt egyértelműen jelzi, hogy a legnagyobb terület is csak 2 ha volt, az esetek felében pedig csak 100–200 négyszögölön folyt a „gazdálkodás”. Az utóbbiak inkább határba kihelyezett konyhakertek, nem pedig igazi szántóföldek. A szántóföldi növények közül búzát és kukoricát termeltek. A gazdák közel fele veszteséges gazdálkodásról számolt be, s a jövőben is a jelenlegi szinten akarják tartani a termelést.

Váckisújfalu a szántóval rendelkezők túlnyomó része (34-ből 24) részben maga műveli a földjét, de itt sincs a szó igazi értelmében vett paraszti szántóföldi gazdálkodás. A legnagyobb sajátkezelésű birtok mindössze 3 ha. Kisémedihez hasonlóan itt is dominálnak a határba kihelyezett konyhakertek 100–300 négyszögöl területen. A másik két falutól eltérően itt gyakran előfordul az a megoldás, hogy a tulajdonos a föld nagyobb részét bérbeadja, egy kisebb területet pedig maga művel.

A gazdák döntő része kukoricát termel, az eredményesség meglehetősen változó, a veszteségtől a tisztes nyereségig húzódik az ív. Hasonlóan változatos a jövő is: a többség a mai szinten akarja folytatni a termelést, néhányan pedig teljesen abbahagyják.

9.8. A vadon termő növények és vadon élő állatok táplálkozási célú felhasználása

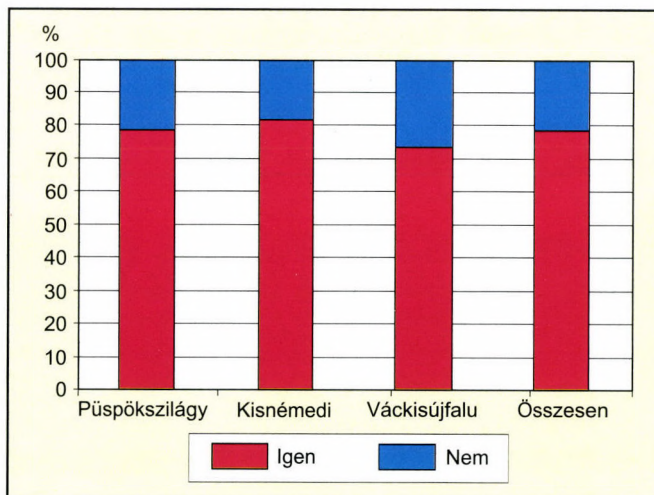
A nem termesztett, hanem a természetben megtalálható növények gyűjtésének és fogyasztásának vannak hagyományai a térségben, ma azonban egyik faluban sem tartoznak az erősen kultivált tevékenységek közé. A legkisebb arányban Kisnémedi esetében foglalkoztak a gyűjtögetéssel, itt mindössze 16 megkérdezett tett említést erről, s az összes begyűjtött termék kb. 100 kg-t tett ki. Ennek 1/3-a gomba, közel 30%-a csipkebogyó, s kb. 15%-a bodza-virág, 10–12%-a szeder. Néhány kilós tételben szerepelt még a kamilla, kökény, különböző egyéb gyógynövények.

Püspökszilágyon lényegesen többen vették a fáradságot vadon termő növények gyűjtésére (31 megkérdezett végez ilyen tevékenységet), a profil azonban itt teljesen egyoldalú: lényegében csak gombát szedtek, az összes produktum 220–230 kg évente. A gombát kizárólag saját használatra szedtek, általában 5–10 kg-t, a maximum is mindössze 20 kg volt.

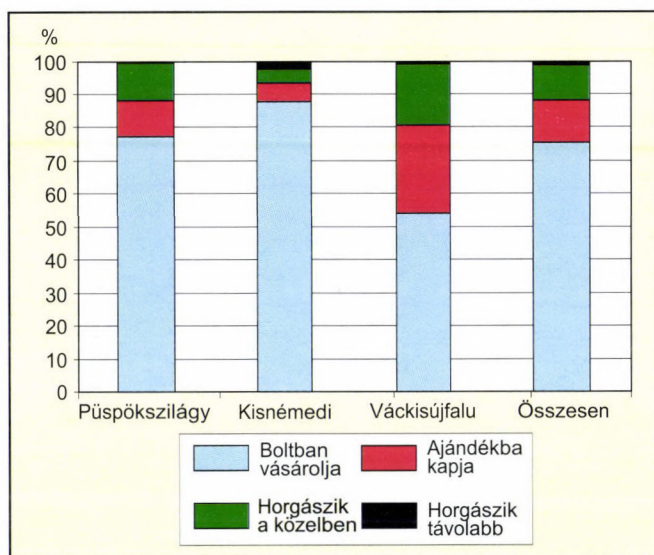
Arányaiban Váckisújfalun foglalkoztak a legtöbben (18 háztartás) vadon élő növények gyűjtésével. A paletta hasonló volt, mint Kisnémediben, de itt már akadt olyan is, aki eladásra is gyűjtött (30 kg szedret és 40 kg csipkebogyót).

Mivel a vizsgált térségben vadban gazdag erdők is vannak, megpróbáltuk felmérni a vadhús-fogyasztás elterjedtségét. A felmérés adatai szerint a vadhúst fogyasztók száma minimális, a három faluban együtt sem tesz ki 50 háztartást. A legtöbben ajándékba kapják a vadhúst, 7 esetben pedig vadász volt a családban.

Mivel a térségben horgászvizek is vannak, megkíséreltünk adatokat gyűjteni a halfogyasztás mértékéről is. A felmérés szerint ez lényegesen elterjedtebb volt, mint a vadhús fogyasztása: a megkérdezettek közel 4/5-e ritkábban, vagy sűrűbben, de eszik halat. Ebből a szempontból a három település között nem volt érdemi különbség (9.17. ábra).



9.17. ábra. A halfogyasztás elterjedtsége a vizsgált térségben



9.18. ábra. A hal beszerzési forrása

Nagyobbak voltak a különbségek a hal beszerzési forrását nézve. Térségi átlagban a megkérdezettek 3/4-e vásárolja, 13%-a ajándékba kapja a halat, a többi háztartásban pedig van horgász. Ettől a sémától leginkább Váckisújfalu tér el, ahol a falu határában lévő víztározóra sokan járnak horgászni, így viszonylag alacsony a vásárolt hal aránya. A másik pólust Kisnémedi jelenti, ahol műszaki okok miatt néhány éve nincs feltöltve a víztározó, így a helyi horgászási lehetőség megszűnt (9.18. ábra).

10. A TELEPHELY BIZTONSÁGI ELEMZÉSÉNEK EREDMÉNYEI

10.1. A radioaktív hulladéklerakók biztonsági értékelése

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezése mind a hazai, mind a nemzetközi szélesebb szakmai közvéleményen belül viták, vizsgálatok és tudományos értékelések, fejlesztések tárgya. A kérdéskörrel foglalkozó szakértők között és nemzetközi szervezeteken belül egyetértés van abban, hogy az emberi egészség és a környezet védelme – a fenntartható fejlődés feltételeinek egyidejű biztosítása mellett – megoldható. Ezt a megállapítást a szélesebb szakmai közvélemény – általános ismerethiány, eltérő érdekek és értékrendi különbözőségek alapján – már nem szükségképpen fogadja el, s állásfoglalásait is a kételyekre alapozva alakítja ki. Ebben a közegben következetes és hatékony döntés-előkészítés és tevékenység csak úgy alapozható meg, ha a nemzetközi és hazai tapasztalatokra és elvárásokra építve nemcsak a minőségi alapelvekben, hanem alapvető mennyiségi korlátokban és módszertani kérdésekben is koherens álláspontot képviselnek a felelős hatóságok. A koherens álláspont kialakításához a szabályozásért felelős és az engedélyező hatóság határozott állásfoglalása a meghatározó kérdésekben a közreműködő szakhatóságokat a még hiányzó követelményeik kidolgozásában, a létező szabályaik értelmes alkalmazásában orientálja.

A radioaktív hulladékok elhelyezésének kulcskérdése a „*milyen hulladék hova kerüljön?*” kérdés. Ennek rendezése feltételezi a hulladékkategorizálás mára elavult hazai rendszerének felülvizsgálatát, a nemzetközi szervezetek jelenlegi ajánlásainak érvényesítését. Hazánkban a hulladékkategorizálással alapvetően az 1989-ben kiadott 14344/1 szabvány, ill. a 7/1988 SZEM rendelet foglalkozik. Az elhelyezési lehetőségek osztályozását egyetlen hazai forrás sem tartalmazza. Ezek helyett az 1995-ben – a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) által – kiadott „*Classification of radioactive wastes*” biztonsági útmutató osztályozását célszerű használni. E szerint a mentességi korlátok alatti jellemzőkkel rendelkező hulladékok elhelyezését a kommunális vagy ipari hulladéklerakókban lehet biztosítani. A kis- és közepes aktivitású rövid élettartamú hulladékok felszíni, vagy felszínközeli létesítményekben tárolandók, a nagy aktivitású hulladékok és a hosszú élettartamú kis- és közepes aktivitású hulladékokat geológiai objektumban kell elhelyezni.

A radioaktív hulladékokat akkor kell rövid élettartamúnak minősíteni, ha hosszú élettartamú komponenseik összegzett aktivitáskoncentrációja a 400 kBq/kg átlagértéket, ill. az átlagérték betartása mellett a 4000 kBq/kg maximális értéket nem haladja meg. Az élettartam alapján történő minősítés szerint rövid élettartamú az a komponens, amelynek felezési ideje egész értékre kerekítve 30 év, vagy ennél kisebb. Nagy aktivitásúnak a radioaktív hulladékot akkor tekintjük, ha a radioaktív bomlásokból származó hőfejlesztése a 2 kW/m³ értéknél nagyobb.

Az elhelyezési szempontból történő hulladékkategorizálást az elhelyezésre való átvétel, ill. a tényleges elhelyezési művelet időpontja alapján kell elvégezni, lehetőséget adva mind a hulladéktermelőnek, mind az elhelyezési létesítmény üzemeltetőjének arra, hogy a mentességi korlátokhoz közeli jellemzőkkel rendelkező hulladékok kezelésére a pihentetési átmeneti tárolás, vagy az engedélyezett újrafelhasználás módszerével éljen. Újrahasznosítás-

ra csak külön engedélyezési eljárás után, 10 mSv/év járulékos sugárterhelésnél kisebb értéket eredményező hulladék kerülhet. A pihentetéses átmeneti tárolás időtartama a 30 évet nem haladhatja meg.

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezésekor az *alapvető biztonsági kritérium* csak dózis vagy kockázati értékekben fogalmazható meg. A nemzetközi ajánlásokat és tapasztalatokat figyelembe véve a hulladék-elhelyezéstől eredő normál kibocsátások esetén a kritikus csoport járulékos sugárterhelése a 100–300 mSv/év értéket nem haladhatja meg. Ez a korlát mind az üzemeltetési, mind a lezárást követő fázisokra vonatkozik. Az üzemzavarokra és az alapvetően valószínűségi alapon értékelhető külső eseményekre a dózis helyett a kockázati korlátot kell alkalmazni. Ennek megfelelően egy adott független esemény következményei nem járhatnak. 10^{-6} /év értéknél nagyobb kockázattal. Az értékelés során a korlát az egyes független eseményekre egyedileg érvényesítendő.

10.1.1. A biztonsági elemzés célja

A radioaktív hulladékok elhelyezésére szolgáló tárolók esetében a biztonsági értékelésnek több lehetséges célkitűzése vázolható, ill. az eredmények elbírálásához alkalmazott kritériumok is eltérhetnek egy új létesítmény tervezésénél és egy meglévő létesítmény minősítésénél alkalmazottaktól, így az értékelés tartalmi része is ezektől fog függeni. Az üzemelő tárolónál olyan feladatok adódhatnak, amelyek külön biztonsági értékelést igényelnek. A biztonsági értékelések lehetséges célkitűzései az alábbiak szerint vázolhatók:

1. Teljes körű biztonsági értékelés végrehajtása a lezárást követő állapotra, ahol a hosszú távú környezetbiztonságot vizsgáljuk a meglévő állapotokra (mint kiinduló feltételrendszerre). A döntésnél a járulékos sugárterhelés szintjét (0,1 mSv/év), valamint véletlenszerű (az izolációt sértő) folyamatok bekövetkezése esetén az egyéni kockázati szintet (10^{-6} /év) kell alapul venni (házánkban a kockázat alapú szabályozás hatósági szinten még nincs elfogadva).

2. Teljes körű üzemviteli biztonsági értékelés a meglévő állapotokra beleértve a baleset- és kárelhárítási tervezést és a hosszú élettartamú zárt sugárforrások átmeneti tárolását a telephelyen.

3. Hulladékvételi követelményrendszer kidolgozása, figyelembe véve a lezárást követő hosszú távú környezetbiztonságot, az üzemviteli biztonsági kérdéseket és az átmeneti tárolást is.

4. Telephely-specifikus aktivitáskorlátok származtatása a hosszú távú környezetbiztonság szempontjából.

5. Biztonságnövelő intézkedések kiértékelése, úm. a mérnöki gátak jellemzőinek és hatékonyságának tökéletesítése, kiegészítő biztonsági rendszerek és megoldások alkalmazása (pl. telítetlen zónáig zárófal létesítése, térkitöltő anyag cseréje, jobb lefedési technológia).

6. A környezeti helyreállítással kapcsolatos igények azonosítása és igazolása az üzemviteli fázis kritériumai alapján, mivel a hosszú távú környezetbiztonság megfelelő szintje csak beavatkozással érhető el (a telephely lezárás előtti korrigálásakor pl. hulladék-visszatermelés: zárt sugárforrások és csomagolatlan hulladékok esetében).

7. További kutatási és fejlesztési feladatok azonosítása.

10.1.2. A biztonsági elemzés folyamata

A radioaktív hulladékok elhelyezésének biztonsági értékelése olyan komplex és iteratív tevékenység, amely az elhelyezési rendszer jelenlegi és jövőbeli hatásait kell, hogy vizs-

gálja az emberi egészség és a környezet védelme szempontjából. A hulladékelhelyezési rendszer három, az izolációt létrehozni hivatott komponensből tevődik össze:

I. A *hulladékformából* (az aktivitástartalom fizikai és kémiai formája, az aktivitást körülvevő, esetleges beágyazó-hordozóanyagok, a csomagolás – ideértve a hulladékkal együtt elhelyezésre kerülő, a sugárvédelmet biztosító, komponenseket is).

II. Az elhelyezett hulladéksomagok *ember által kialakított környezetéből* (térkitöltés, falak, vízelvezetés, additív geokémiai és vízszigetelő korlátok, földtakarás, eltömedékelés).

III. A *geológiai (vagy talajtani) környezetből*, ami az aktív izotópok lehetséges terjedési útvonalán az emberi környezetig történő eljutásuk időtartamát növeli.

A NAÜ ajánlások szerint a három komponens együttesen kell, hogy a megkívánt mértékű izolációt biztosítsa, így az egyik vagy másik komponens nem kielégítő hatása kompenzálható a többi összetevő megerősítésével. A biztonsági elemzés metodikailag adatgyűjtésből, adat- és rendszerelemzésből, a lehetséges scenáriók (forgatókönyvek) rangsorolásából, az ezekhez szükséges koncepcionális és matematikai modellek megfogalmazásából, a következmény-elemzésekéből és a kritériumoknak való megfelelés értékeléséből áll. Mivel az elhelyezési rendszertől eredő hatások általában csak a távolabbi jövőben jelentkeznek és a lehetséges esemény-kombinációk száma így közel áll a végtelenhez, a forgatókönyvek rangsorolásánál a cél olyan „burkoló” eseménysorozatok kiválasztása, amelyekről könnyen belátható, hogy többféle esemény-kombinációt is túlhaladnak a következményeikben. Az így elvégzett elemzések értelemszerűen konzervatívak – azaz a jelenlegi valóságtól messze esők – lesznek, és több feltételezésükben olyan többszörös meghibásodásokra épülnek, amelyek együttes előfordulása a mérnöki valószínűségi elvárási kritériumok alatt lesz. (Ezt nevezik az elemzés „robosztusságának”).

A célkitűzések melletti egyéb követelményeket, hatósági elvárásokat (az angolszász szakirodalomban elterjedt kifejezéssel *assessment context*-et) is megfelelően dokumentált formában kell rögzítenünk. Az előzőekben szereplő célkitűzések teljesítése minden különálló pont esetén eltérő elvárásokat támaszt az értékeléssel kapcsolatban, így mindegyikük önálló elemzést igényel. Az első pontban szereplő elemzésnél a lakosság kritikus csoportjának (ill. egyedeinek) járulékos dózisterhelését vagy az őket érő kockázat növekedését vizsgáljuk, az aktivitáskészlet jellege miatt időhatár nélkül, hatósági eljárást feltételezve. Ez utóbbit azért kell hangsúlyoznunk, mert a hatósági engedélyezési eljárásban nem célszerű bonyolult modellek alkalmazása, az egyszerű – de megfelelően konzervatív – megközelítések sokkal meggyőzőbbek.

A biztonsági értékeléshez a célkitűzések függvényében a tárolóval kapcsolatos ténylegesen – vagy esetlegesen – bekövetkező eseményekről eltérő forgatókönyv-variációkat lehet felállítani, amelyeket még ki lehet egészíteni speciális követelményekkel is (telephely adottság, hatósági elvárás). Nemzeti (pl. NUREG-1199) és nemzetközi (pl. BIOMOVs) ajánlások is több oldalról és igen eltérő mélységben adják meg az elemzendő forgatókönyveket. Az alap-esemény-sorozatok (kiinduló események) a forgatókönyvhöz a következők lehetnek:

- normál kibocsátás,
- telephely eróziója a jövőben és lakóterületté válása,
- telephely eróziója a jövőben és halastó létesítés a telephely vízgyűjtő területén (radionuklidok kijutása a telephelyről),
- földrengés okozta csúszás,
- megnövekedett infiltráció és talajvízszint emelkedés,
- normál és megnövekedett infiltráció, emellett transzport a telítetlen felszíni rétegekben,

– mérnöki gát megváltozása (feltételezve pl. azt, hogy a beton kémiai tulajdonsága nem változik, de a mechanikai jellemzők már nem jutnak szerephez a védelemben),
– emberi behatolás (lakóhely létesítés, útépités).

Egy meglévő tároló biztonsági értékelésénél is hasonlóak a forgatókönyvek, csak ekkor a dolgok elébe menni (kizárni egyes tervezési megoldásokat, technológiákat) nem lehet, mivel itt már az adott helyzetből kell kiindulni, s csak ennek javítására lehet keresni a megoldást. Azonban ekkor is a két legfontosabb cél: elemezni a radioaktív anyagok kijutását különböző esetekben és megbecsülni az ebből eredő hosszú távú sugárterhelést.

A javasolt forgatókönyvek a mai helyzetben heurisztikusan meghatározhatók. A hosszú távú környezetbiztonsági elemzés finomításának fázisához esetleg hozzárendelhető a forgatókönyvek szisztematikus (FEP metodikával történő) származtatása is. A forgatókönyvek mindegyikére – elfogadható mélységben, de mégis konzervatíván – meg kell adni a radioaktív kibocsátást és az esemény gyakoriságot.

10.1.3. A hatások értékelése és az előírásoknak való megfelelés

Az egyéneket érő radiológiai hatások értékelése összetett feladat. Az elemzéseken belül az érintett potenciális dózispontokat kell meghatározni, azaz az emberek tartózkodási helyeit, majd a sugárterhelés jellemzőit és végül a felvételi útvonalakat. Tárgyalni kell a dózispontok, a sugárterhelés jellemzői és a felvételi útvonalak időbeli változásának lehetőségeit is. Hangsúlyozni kell, hogy az elemzésekben szereplő mértékadó egyedi dózispontok, a sugárterhelés jellemzői és a felvételi útvonalak a létesítmény kialakításától és a telephelyi környezettől egyaránt függnék.

Az üzemzavari vagy abnormális helyzetből származó kibocsátások hatásainak értékeléséhez legalább 2 dózispontot kell feltételezni: a telephely határán elhelyezkedőt és a felszíni lefolyás legközelebbi felszíni befogadóját (azaz vízfolyást). A sugárterhelés jellemzőinél az első dózisponton min. a levegőt, a másodikonál min. a felszíni vizet kell figyelembe venni. Az aktív intézményes ellenőrzés normál tevékenységeire a dózispont a telephely felszínén helyezkedjen el. A sugárterhelés jellemzőinél min. a telephelyi levegőkörnyezetet és a közvetlen sugárzást kell figyelembe venni.

Az értékelésnek be kell mutatni a behatoló védelmét szolgáló intézkedéseket az intézményes ellenőrzés utáni időszakra. A megfelelő védelem elérhető:

- a hulladékok 5 m-nél mélyebben történő elhelyezésével,
- az előzőnél magasabb elhelyezés esetén olyan behatolás-védelmi rendszer kiépítésével, amely legalább több száz évig megakadályozza a szándékolatlan behatolást.

E módszertani megfontolásoknak megfelelően került sor a püspökszilágyi RHFT biztonságának értékelésére 1999–2000 során, amellyel a kötet egésze is foglalkozik. Ebben a cikkben a létesítmény kialakítására és üzemeltetésére, ill. az elemzésekre és a következtetésekre helyezük a hangsúlyt, a kapcsolódó vizsgálatokat a kötet egésze ismerteti.

10.2. A létesítmény kialakítása és üzemeltetése

10.2.1. Meghatározó tervezési megoldások

A püspökszilágyi RHFT-t 1976-ban helyezték üzembe. Tervezése 1971–1973 között történt. Ebben az időben a radioaktív hulladékok felszínközeli elhelyezésére a NAÜ bizton-

sági útmutatói közül az 1965-ben kiadott *Safety Series No. 15. Radioactive waste disposal into the ground* című dokumentum volt érvényben. A tároló telephely-kiválasztása és kialakítása gyakorlatilag a NAÜ ajánlásban szereplő elveket követte.

Az ajánlás a telephelyi jellemzők közül a fő hangsúlyt az elhelyezett hulladék környezetében lévő talajok/közetek jó izotópmegkötő képességére, a csapadékvíz megfelelő elvezetésére, a felszín felé vezető migrációs útvonalak elegendő hosszúságára helyezte. A dokumentum még a földmedrű elhelyezést is ajánlotta, bár ekkor már a mesterséges védelmek alkalmazása is bekerült a nemzetközi gyakorlatba.

A NAÜ ajánlásnak megfelelően a telephelyet pozitív domborzati formán (dombtető), olyan geológiai környezetben választották ki, ahol a befogadó összlet agyagtartalma megfelelően magas volt (jó izotópmegkötő képesség). Az agyagos befogadó közettest megléte miatt a telephely-kiválasztás fázisában lassú vízmozgást valószínűsítettek a tároló térségétől a környező-patakok felé.

Az eredeti tervek szerint: „A tárolók elhelyezése az előzetes és a részletes talajmechanikai szakvélemény alapján a barna agyagban úgy történt, hogy még a legkedvezőtlenebb helyen is a tárolók alatt kb. 2 m vastag agyagréteg legyen. A barnaagyag montmorillonit tartalma 24%. A fűrészekkel harántolt rétegek 26 m-ig agyagot tartalmaznak kevés löszös tartalommal. Rétegvíz az előzetes geológiai feltárás során 20 m mélységben fordult elő. Vízszivárgás csak az oligocén és pleisztocén összletek határán jelentkezett. A tárolók és a mélyen fekvő rétegvíz, ill. talajvíz között $(4-7) \times 10^{-8}$ cm/s áteresztőképességű agyagrétegek helyezkednek el”.

Bár a NAÜ ajánlás agyagos-iszapos képződményeket tart megfelelő befogadó összletnek, s nem vízzáró agyagokat, de a gyakorlatban nem is képződött olyan helyzet, ami-ben a tároló létesítményeket vízzáró agyagkörnyezetbe helyezték volna el.

A hulladék-elhelyezésre szolgáló mesterséges létesítmények kialakítása a szovjet példát (s valószínűleg a szovjet előírásrendszert) követte. Ennek megfelelően a telephelyen szekcionált vasbeton tárolómedencék lettek kiépítve a nagyobb méretű hulladéksomagok elhelyezésére, míg a kimerült zárt sugárforrások lerakására csökutak szolgáltak. A szerves oldószerek szegregált elhelyezésére külön kisméretű vasbeton cellák létesültek. Valamennyi tárolószerkezetnél nagy hangsúlyt helyeztek a külső és belső vízszigetelés megoldására. Az eredeti tervek szerint a tárolócellákat belülről 3 rétegű különleges vízzáró torkrét vakolattal, kívülről 2 rétegű bitumenes mázolóssal szigetelték.

Az eredeti tervekben szereplő elhelyezési megoldás része volt, hogy a szilárd hulladékkal feltöltött tárolócella belső hézagtér térfogatát aktív szennyvíz és cement keverékkel töltik ki. A gyakorlati megvalósítás során csak egyetlen cellában (A6) alkalmaztak cementköves térkitöltést, az összes többi esetben a kisaktivitású folyékony hulladékokat térkitöltő betonhoz keverték, ha volt elegendő folyadék a betonozáshoz. Több cella térkitöltés nélkül maradt.

A tervek alapján a kiválasztott telephelyen jelentős földmunkával lett kialakítva a tárolótér, ami így a természetes domborzat felszíne alá került. A későbbi bővítés során az iker vasbeton medencék meghosszabbításaként kiépített A49–A64 cellák kerültek gyakorlatilag az eredeti domborzatnak megfelelő felszínre. Ez a megoldás előnyös lenne a tárolók végleges lezárása során, de arra vonatkozóan az eredeti tervek csak nagyon kis mennyiségű információt közölnek.

A létesítmény területét részben egy elkerített védőzónával vették körül a tárolótér környezetében. E mellett egyéb védőövetet nem jelöltek ki, de betartották azt az általános telepítési elvet, hogy a hulladéktároló létesítmények a lakott belterülettől legalább 1 km távolságban helyezkedjenek el.

Sem a NAÜ ajánlás, sem az eredeti vagy a bővítésre vonatkozó tervek nem tartalmaznak adatokat a létesítmény lezárást követő intézményes ellenőrzéséről. A 7/1988 SZEM. rendelet vonatkozó melléklete legalább 50 éves aktív intézményes ellenőrzési szakaszt ír elő, amit a felügyelő hatóság egyszer vagy többször meghosszabbíthat.

10.2.2. A normál üzemeltetésre és az üzemzavarokra vonatkozó tervezési megfontolások

A létesítmény megépítésének a célja az volt, hogy megnyugtató módon megoldja a hazai radioaktív izotópgyártásnál és felhasználásnál, továbbá a kísérleti és tanreaktor üzemeltetésénél keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok begyűjtését, feldolgozását, késleltetéssel történő elhelyezését, átmeneti, majd végső tárolását. A beszállítás napjától eltérő időpontú hulladék-elhelyezést a hulladékok kis mennyisége, az elhelyezéshez szükséges időtartam hiánya és – ha szükséges – az előkezelés indokolja.

A telephelyen az alábbi radioaktív hulladékok elhelyezéséről kellett és kell gondoskodni:

1. Kis- és közepes aktivitású szilárd hulladékok;
2. Nagy aktivitású, szilárd hulladékok (zárt sugárforrások);
3. Radioaktív szennyvizek;
4. Egyéb folyékony hulladékok (szerves oldószer, olajos hulladékok);
5. Biológiai radioaktív hulladékok.

A tervek szerint a kezdetben megépített tárolótérek kapacitása 15 év volt, beleértve a Solymáron tárolt mintegy 900 m³ radioaktív hulladék fogadását is.

Az RHFT létesítése során üzemzavarokkal és üzemzavari helyzetek elhárításával a tervek nem számoltak. Az 1995-ben elkészített kárelhárítási tervben az üzemeltetési fázisra a „Kémiai robbanás a technológiai épületben” és a „Tűzeset a szállítójárműn és az elhelyezésre szolgáló cellában” eseteket vizsgálták. Az eredmények alapján javaslatként fogalmazódott meg, hogy „egy tűzeset, kémiai robbanás, vagy más légköri diszperzióhoz vezető esemény által érintett aktivitás a telephelyen nem haladhatja meg az alábbi értékeket:

- hosszú élettartamú izotópokra: Σ 1,5 GBq,
- rövid élettartamú izotópokra: Σ 15 GBq.

A már lerakott és cementbe ágyazott hulladékok esetén a fenti korlátozások nem érvényesek”.

10.2.3. A létesítés jellemzői

A tárolóhely területének kijelölését hosszas kutatások előzték meg, az elhelyezés alapvető kritériuma volt a megfelelő rétegvastagságú vízzáró agyagos rétegsor jelenléte olyan területen, ahol a következő egyéb feltételek is teljesülnek:

a) Geológiai, hidrológiai, morfológiai feltételek

A telep ne legyen felszíni és csapadékvizek, felszín alatti vízmozgások útvonalában. A környező talaj ioncserélő adszorpciós tulajdonsága megfelelő legyen és a domborzati viszonyok következtében magasabban fekvő talajvízszintjénél.

b) Település-egészségügyi feltételek

A tárolóhely ne legyen lakott település, ipari objektum, egyéb létesítmény 800–1000 m-es körzetén belül.

c) *Gazdasági feltételek*

– A tárolóhely Budapesthez viszonylag közel települjön, mert a radioaktív hulladékok nagy része innen származik, és a szállítási útvonalak hossza gazdasági és biztonsági okokból csökkentendő

– A közművesítés (bekötő út, vízvezeték, csapadék- és szennyvízelvezetés, energia ellátás) rövid nyomvonal megépítése mellett legyen megvalósítható

A fenti szempontoknak eleget tevő telepítési helyként Püspökszilágy térségére esett a választás.

A létesítmény a Püspökszilágy és Kismémedi községek közötti dombháton helyezkedik el, Budapesttől mintegy 35–40 km-re. A tárolóhelyek és a legközelebbi lakott település (Püspökszilágy) legkisebb távolsága 1000 m. A telep fő létesítményei a belső útra vannak felvezetve, amely a terep lejtését követve a tárolótér felé 6%-os lejtéssel lett kialakítva. A telep belső elrendezése: három egymás alatti szinten vannak a különböző létesítmények. A telep bejárata mellett van az inaktív épület, majd alatta a technológiai épület és a garázs, s az utóbbitól kb. 100 m-re helyezkednek el a radioaktív hulladékok tárolói (10.1. ábra). A területen belül kijelölhető az ellenőrzött és a szabad zóna határa, bár jelenleg ezeket nem választja el kerítés. A technológiai épület nagyobbik része és a tárolótér tartoznak az ellenőrzött zónába.

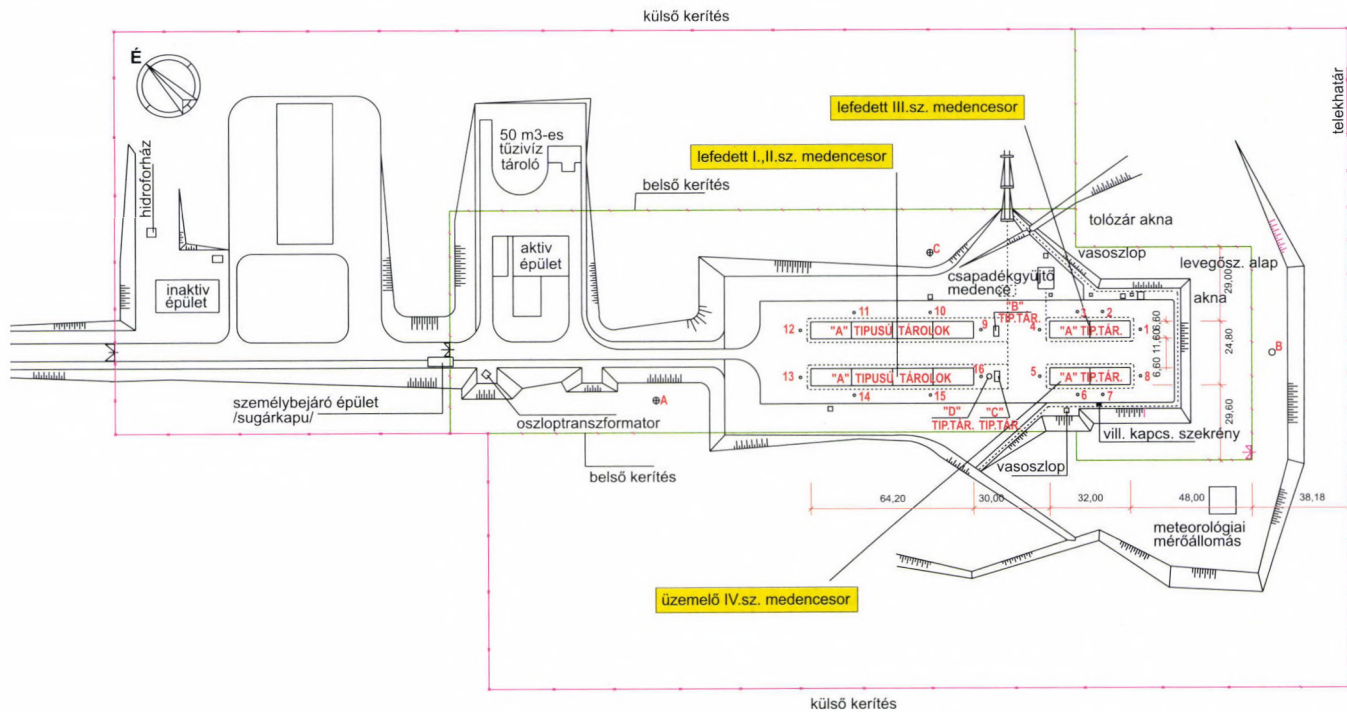
A végleges tárolótérek az aktív épületről 150 m-re helyezkednek el. A tárolóhelyek két lépcsőben épültek meg. (A tárolótér elrendezését a 10.2. ábra mutatja.)

Az első lépcsőben megépültek az ún. „A” típusú tárolók, amelyek 70 m³-es, földbe süllyesztett vasbeton medencékből állnak. A 48 db rekesz 2x24-es sorból áll. A tárolók létesítéséhez munkagödört alkalmaztak (3,5 m mélységig), a talaj állékonyságának megfelelő mértékű kialakításával. A vasbeton szerkezeteket 6 részenként dilatációs hézaggal megszakítva építették ki B200–30–3 minőségű betonból. Az alkalmazott betonacélok minősége B.60.40. A 6 szektoros tárolóegységek között 2 cm vastag bennmaradó zsaluzattal tervezték a dilatációt, a zsalut kétoldalt és felül 5 cm szélességben vették ki a bitumenes kiöntés részére. A vasbeton cellák falazatának vastagsága 40 cm. Az alapkiépítésben 48 db egyenként 70 m³-es cella szerepelt. Bővítésként 6 db 140 m³-es és 12 db 70 m³-es cellát építettek. (A különböző cellák metszetét a 10.3. ábra mutatja, feltüntetve az alkalmazott vízszigetelési megoldásokat is).

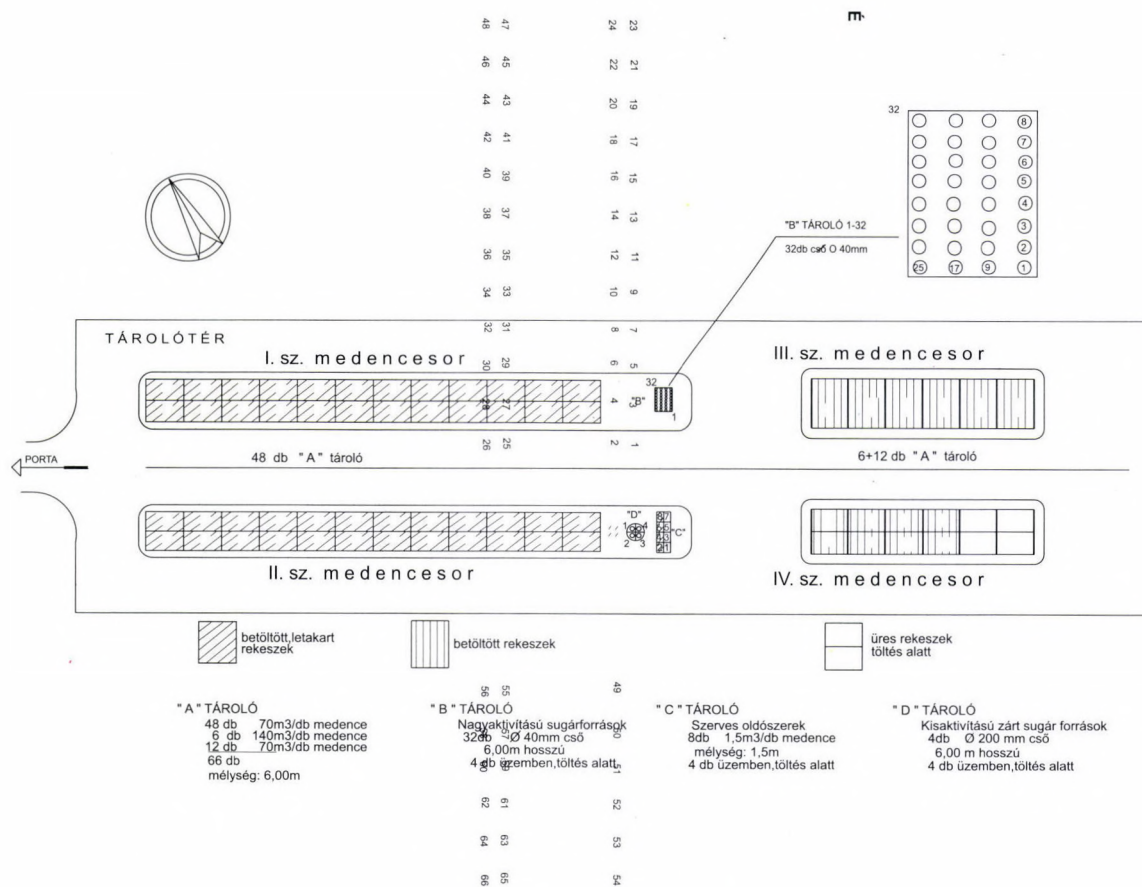
A rekeszek mind megteltek és végleges lezárásra kerültek. Tartalmazzák a hazai radioaktív hulladékok eredetileg Solymáron elhelyezett mennyiségét és a Paksi Atomerőmű szilárd hulladékainak egy részét, valamint a csillebérci atomreaktor rekonstrukciós hulladékát.

Az „A” típusú tárolókon kívül megépültek a „B” és „D” típusú tárolók is, amelyek saválló acélból és szénacélból készült csövekből állnak. A „B” típusú tárolóban 16 csökút 100 mm belső átmérővel, 16 csökút pedig 40 mm belső átmérővel rendelkezik. A csökutak 6 m mélyek. (A „B” típusú tároló kialakítását a 10.4. ábra mutatja). A rozsdamentes csövek 1 m vastag betonfedél alatt monolit betontömbben helyezkednek el úgy, hogy minden egyedi csövet homokkitöltésű, 5 m magas furatba helyeztek el. A kutak tetején kúpos kialakítású, ólomdugóval és vakkarimával történő lezárást alkalmaznak. (A „D” típusú csökutak rajzát a 10.5. ábra mutatja.) A tárolócsövek átmérője 165 mm, és 6 m hosszú aktív szakaszuk végig betonban halad. A 4 db kutat egy 50 cm vastag beton alaplmezre felépített 1 m átmérőjű kútgyűrű-együttes középpontjában helyezték el. Ezek a kis- és közepes, valamint nagy aktivitású gamma zárt sugárforrások végleges elhelyezésére szolgálnak.

A „C” típusú tároló 8 db 1,5 m³-es térfogatú vasbetonból készült egységből áll. Ennél a kováföldre felitatott szerves oldószerek végleges tárolása során fellépő hízagtérfogat kitöltése folyékony betonnal történik. Az egyedi „C” típusú cellák 1,5 m mélyek.

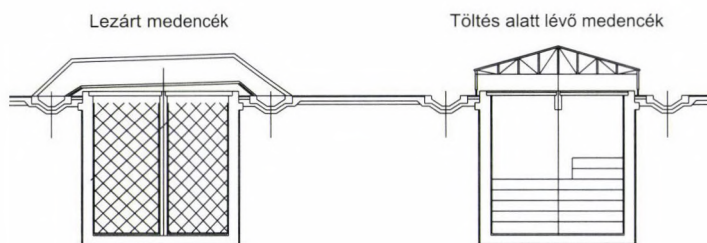


10.1. ábra. A püspökszilágyi RHFT helyszínrajza. – 1–16 = sugárzás megfigyelő csövek; A, B, C = talajvíz-ellenőrző ássók kutak

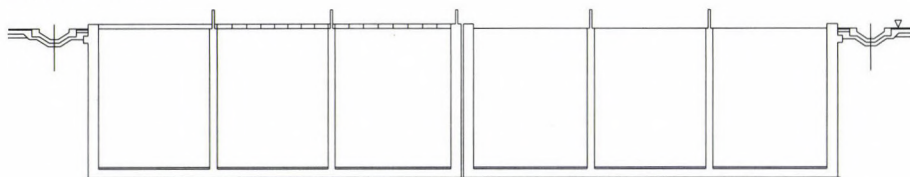


10.2. ábra. A tárolótér elrendezése

Keresztmetszet



Hosszmetszet



10.3. ábra. Az "A" típusú tárolócellák metszetei

A tárolókat betonalapú öntött aszfaltburkolatú 5 m széles utak veszik körül. Az utak és a tárolószerkezetek között betonlappal burkolat felszíni vízvezető árkok létesültek 40x40x10 cm homokba rakott és bitumennel kifugázott burkolattal. A tárolók körüli terület csapadékvize kibocsátás-ellenőrzés céljából egy 60 m³ térfogatú, földbe süllyesztett medencébe kerül.

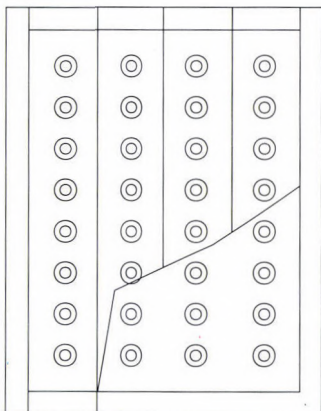
10.2.4. Segédlétesítmények és rendszerek

Az általános vízellátó rendszer a Vácduka Regionális Vízmű vezeték hálózatához csatlakozik. A víz a telephelyre a hálózat nyomóvezetékéről lecsatlakozva, bekötővezeték közbeiktatásával egy 10 m³ befogadó képességű medencébe folyik, amely a maximális napi vízfogyasztás tárolására képes. E medencéből hidrofor üzem juttatja a vize a telep hálózatába, amely ellátja a telep külső fogyasztóit, az adminisztratív épület munkahelyeit és a technológiai épület különböző vízellátó rendszerein keresztül az épület összes fogyasztóhelyeit.

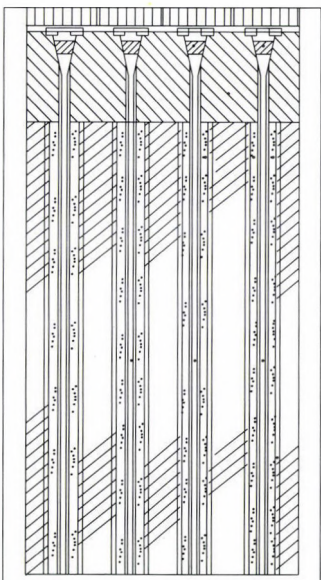
A tárolók környezetében lehulló csapadékvíz egy része – a csapadék mennyiségétől, intenzitásától, a talaj víznyelő képességétől, a párolgási viszonyoktól függően – felszíni vízfolyás formájában bejuthat a tárolóba. Ezért a tároló területén a telep rendezése során olyan lejtési viszonyokat és felszíni vízrendezést kellett kialakítani, amelyek kizárják ezt a lehetőséget. A tároló környezetében külső vízvezető övárók létesült, amely a távolabbról jövő csapadékvíz tárolóhoz való jutását megakadályozza. Az így elvezetett csapadékvíz szennyezett-ségének ellenőrzése nem szükséges.

A tárolók mellett kialakított belső vízgyűjtő rendszerbe jut a tárolók felületére és közvetlen környezetébe lehulló csapadék. A csapadékvíz összegyűjtésére 3 db csapadékvíz-gyűjtő medence szolgál. Ezek közül 2 a régebben épült tárolók csapadékvizét tárolja, míg a közel-

Felülnézet



Keresztmetszet



10.4. ábra. A "B" típusú tárolók (csökutak) kialakítása

múltban épült 2000 m³-es csapadékvíz-tároló az újonnan létesült tárolók csapadékvizét fogadja. A csapadékvizek szennyezettségének ellenőrzését kibocsátás előtt rendszeresen elvégzik.

A kommunális szennyvizek közül a zuhanyozásból eredő és a mosdóvizek tisztítására habfogós fertőtlenítő medence és homokszűrő árok létesült. Az innen kifolyó tisztított szennyvizek a csapadékvíz elvezetésére szolgáló csatornába kerülnek. A fekáliás szennyvizek gyűjtésére a technológiai és az adminisztrációs épület mellett elhelyezett 25 m³-es tárolómedencék szolgálnak. A fekáliás szennyvíz eltávolítása szippantó kocsikkal történik.

A Kismémedi és Püspökszilágy között haladó 20 kV-os elektromos távvezetékéről való lecsatlakozás biztosítja a létesítmény villamos energiaellátását. A bekötőút mentén kiépített mintegy 1 km hosszúságú csatlakozó vezetéken jut el az áram a telepi transzformátorállomáshoz. A térvilágítás és az egyes üzemi fogyasztók ellátása egymástól független áramkörökön történik.

A telephely drótfonat kerítéssel van körülkerítve. A terület be nem látható helye dupla kerítéssel van ellátva, s így a belső kerítés őrzésvédelmi szempontból már megfigyelhető. A tárolóterek vasoszlopokra szerelt világító-berendezésekkel vannak ellátva. A terület őrzése a polgári fegyveres őrseg feladata, amelynek működésére külön előírások vonatkoznak.

A belső út a bejáratától a tárolóterig a telep hossz tengelyében vezet. Az útpálya 3,5 m burkolatszélességgel, kiemelt szegéllyel készült, aszfalt burkolattal van ellátva, a burkolat oldalesése 2%. A csapadékvizeket az útpályáról az út menti övárók gyűjti és vezeti el. Az árok előre gyártott betonlapokkal burkolt, monolit beton lezárással.

A csapadékvíz árkok a telekhatáron egy elágazó aknába futnak, ahonnan a külső övárkon keresztül jut a víz a Szilágyi-patakba. A csapadékvíz árkon a terepesések ki egyenlítésére fenéklépcsők épültek.

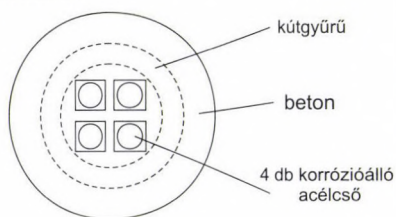
A püspökszilágyi RHFT épületeinek kivitelezése I. fokozottan tűzálló szerkezettel készült., a tevékenység alapján való besorolási osztályuk: „D” mérsékelt tűzveszélyes. A telephelyen a szükséges oltóvíz biztosítására egy

50 m³ úrtartalmú fedett vasbeton tűzvíz tároló épült. A kör alakú, földbe süllyesztett medencét a technológiai épület mögött telepítették.

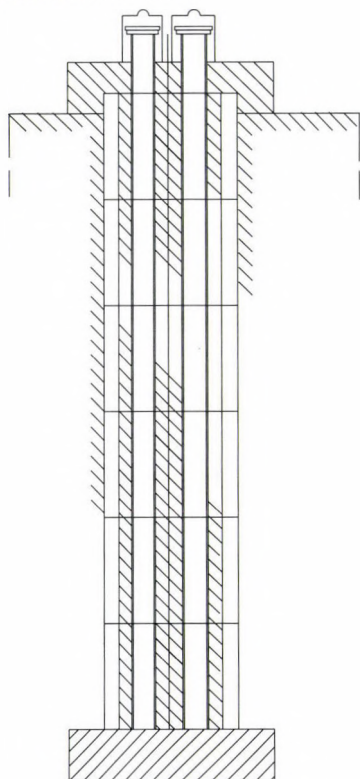
A tűzoltáshoz szükséges vízmennyiség szállítására külön tűzvíz-vezeték épült, a szükséges nyomást a hidrofor házba telepített tűzvíz szivattyúval biztosítja. C100-as földárkokba fektetett csővezeték szolgálja ki a 3 db föld feletti tűzcsapot.

10.2.5. A hulladék átvétele és ellenőrzése

Felülnézet



Keresztmetszet



10.5. ábra. A "D" típusú tárolók (csöktutak) kialakítása

Az RHFT 1977. márc. 1-től folyamatosan fogadja a hazánkban keletkezett kis- és közepes aktivitású hulladékokat, valamint az elhasznált sugárforrásokat. A nyilvántartás alapján az RHFT területére 430 munkahely szállított hulladékot.

A telephely üzembe helyezése előtt a radioaktív izotópok átvételére szabályzatot adtak ki, amely főleg a folyékony és biológiai hulladékok gyűjtésére terjedt ki. 1979-ben a hulladékok átvételét újra szabályozták, amely a szilárd, biológiai, szennyvíz, szerves oldószer hulladékok, zárt sugárforrások és nukleáris anyagok átvételének részletes leírását, valamint a szállítási igény bejelentését tartalmazza.

Az RHFT telephelyére beszállított hulladékok átvételének helyszínét a megrendelő határozza meg. Ha a beszállítást az RHFT gépjárműve végzi, akkor az átvétel a megrendelő telephelyén történik. Abban az esetben, ha a megrendelő saját gépkocsival végzi, vagy külső céggel végezteti a beszállítást, akkor az átvétel az RHFT telephelyén történik.

Az elhelyezésre kerülő hulladékok átvételének folyamata mindkét átvételi helyszínen az alábbiak szerint történik:

A szolgáltatást megrendelő és a püspökszilágyi RHFT részéről a hulladék elhelyezéseért felelős személyek az ügyiratokat egyeztetik. Zárt sugárforrások átvétele esetén a lemondó nyilatkozat és a műbizonylat is átadásra kerül.

A dokumentumok átadása után az RHFT átvételért felelős technikus a átadásra került radioaktív hulladékokat mennyiségileg és minőségileg ellenőrzi, egyezteti a hulladék adatait a bejelentetett adatokkal.

Az azonosítást a hulladék felületi szennyeződésének, dózisteljesítményének ellenör-

zése követi. Az átvett hulladékok adatait az RHFT átadás-átvételi jegyzőkönyvében rögzítik, majd a mérési jegyzőkönyvet és a fuvarokmányt átadják az RHFT megbízottjának.

Az átvételre kerülő radioaktív hulladéktípusok csomagolását a hulladékszolgáltatók végzik az alábbi – RHFT által meghatározott – előírásoknak megfelelően:

a) Szilárd hulladék

A szilárd hulladékoknál hordós, műanyag zsákos, egyedi és egyéb csomagolási módot alkalmaznak. Valamennyi szilárd hulladékra vonatkozik, hogy a hulladék nem tartalmazhat folyékony, tűz-, robbanásveszélyes, légnemű, bomló, rothadó, fertőző anyagot, és zárt sugárforrást.

200 l-es patentzáras hordóba veszik át a nagy mennyiségű, nagy tömegű és nagy faj-súlyú radioaktív hulladékokat. A hordó lezárásának biztosítani kell, hogy a rakodás, szállítás során radioaktív szennyeződés ne történjen. A hordó súlya az 500 kg-ot nem haladhatja meg. A hordó külső felülete radioaktív szennyeződést nem tartalmazhat.

A műanyagzsákos csomagolás esetén a hulladék tömege nem haladhatja meg a 10 kg-ot zsákonként. A csomag nem tartalmazhat a csomag épségét veszélyeztető tárgyat. Éles tárgyak csak megfelelő védőcsomagolással ellátva kerülhetnek a hulladékba. A radioaktív szennyeződés megakadályozása céljából a hulladékot dupla polietilén zsákba kell helyezni.

Nagy térfogatú, nem, vagy nehezen darabolható radioaktív hulladékoknál egyeztetés alapján egyedi csomagolási módot alkalmaznak.

b) Zárt sugárforrások

A zárt sugárforrások átvételénél alapvető követelmény a sugárforrás zártsága. Sérült sugárforrásokat átadás előtt újra kell tokozni vagy be kell ágyazni.

c) Biológiai hulladékok

A biológiai hulladékokat 200 l-es fémhordóba vagy tejeskannába kell csomagolni. Csak a biológiai hulladékokra utaló „B” jelű és az 5% formalin koncentrációjú hordók kerülnek átvételre.

d) Szennyvíz

Kisebb mennyiségű szennyvíz csomagolása 20 l-es polietilén kannákba, műanyagzsákos csomagolással, nagyobb mennyiségű pedig tartályban történik. A kannák tökéletes zárásúak kell legyenek és azonosítószámot kell tartalmazzanak.

e) Szerves oldószer

A szerves oldószer kovafölddel felitva 20 l-es fém marmonkannában kerül elhelyezésre. A fém marmonkannákat műanyag zsákba csomagoltan szabad átvenni.

10.2.6. A hulladék kezelése és átmeneti tárolása

AZ RHFT telephelyére szállított radioaktív hulladékok végleges elhelyezés előtti kezelését a hulladék típusa határozza meg. A hordóban érkező szilárd hulladékokat kezelés nélkül helyezik el.

A zsákos szilárd hulladékok kezelését a hordóba történő átrakás jelenti. Az így elhelyezett szilárd hulladékok térfogatcsökkentést nem igényelnek. A biológiai hulladékok és radioaktív szennyvizek kezelése cement hozzákeverésével való szilárdítást jelent. A szerves és egyéb oldószerek megszilárdítása kovaföldes felitatással történik. A művelet általában a beszállító végzi el, de kérés alapján a beszállítás után a telephelyen is elvégezzük. A zárt sugárforrások kezelését a forrásban lévő radioaktív izotóp bomlási módja határozza meg. Ennek alapján a zárt gamma sugárforrásokat nem dolgozzák fel. Az alfa és béta zárt sugárforrásokat elhelyezés előtt betonba és/vagy bitumenbe kell ágyazni. A sérült sugárforrásokat is 200 l-es hordóba betonba ágyazzák.

A beérkezett ép hulladékcsoomagok átmeneti tárolása az aktív épületben történik, ha a hulladék elhelyezésére a beszállítást követő pár napon belül kerül sor. A hordós hulladékot szállító autót az aktív épület garázsába áll, ahonnan az elhelyezés napján szállítja le a hordó-

kat a cellasorra. A beszállított zárt sugárforrások átmeneti tárolása az aktív épületben lévő, külön erre a célra kialakított helyiségben történik, ahonnan a szállító autó vagy targonca segítségével szállítják az elhelyezés napján az elhelyezésére kijelölt kúthoz. Az esetlegesen sérült hulladéksomagok újracsomagolásáról az átmeneti tárolás előtt gondoskodnak.

10.2.7. Hulladék-elhelyezési műveletek

A telephelyen kezelt, ill. a kezelést nem igénylő hulladékok elhelyezése az A, B, C, D típusú tárolókba történik a hulladék típusától függően.

A 60 db 70 m³-es és 6 db 140 m³-es „A” típusú medencéket a különböző csomagolású (zsákos, hordós, egyéb) szilárd hulladékok, feldolgozott biológiai hulladékok, radioaktív szennyvizek, beágyazott zárt sugárforrások elhelyezésére használják. A „B” típusú 32 db csőkútban zárt sugárforrásokat tárolnak. A „C” típusú 8 db 1,5 m³ medence szerves oldószér elhelyezésére alkalmas. A 4 db „D” típusú csőkútban szintén zárt sugárforrásokat tárolnak.

A hordós, zsákos és konténeres hulladékokat az „A” típusú tárolómedencékhez a beszállító autó vagy targonca segítségével szállítják. A tárolók nyitására, zárására és a hulladék elhelyezésére darut alkalmaznak. Az elhelyezendő hordót, konténert a himba segítségével, ill. az operatív személyzet irányításával a tárolóba helyezik. A zsákos hulladékok elhelyezése daru alkalmazása nélkül történt.

A zárt sugárforrások elhelyezését a sugárforrás tartalma, ill. zártsága határozza meg. Az alfa, béta és a sérült sugárforrásokat betonba és/vagy bitumenba ágyazzák. Az így megtelt hordókat az „A” típusú tárolókba helyezik el az előző módon.

A ⁶⁰Co zárt sugárforrások elhelyezése speciális torpedókban a „B” típusú csőkútakba történik. A kútfedél és az ólomdugó eltávolítása után a torpedót tartalmazó konténert daru segítségével, ill. az operatív személyzet irányításával a csőkútra helyezik. A ráillesztést követően 6 m hosszú spirált rögzítenek a konténer felső részéhez, majd a konténeren lévő biztonsági retesz kinyitása után helyezik el a torpedót a spirál segítségével.

Miközben a torpedót a csőkútba helyezik, az elhelyezést végző személy közeledik a csőkúthoz, majd a leérkezést követően a spirált visszahúzzák. Az elhelyezést követően a szállítókonténert daru segítségével leemelik a csőkútról, majd a kútat visszazárják.

Ha az ¹⁹²Ir zárt sugárforrások elhelyezése a „B” kutakba történik, akkor a zárt sugárforrásokat tartalmazó szállító konténert a csőkút tetejére helyezik a kútfedél és az ólomdugó eltávolítása után, majd a forrásokat a csőkútba ejtik. Az egyéb zárt sugárforrásokat a fedél és az ólomdugó eltávolítása után a csőkútba ejtik.

10.2.8. Üzemviteli környezet-ellenőrzés

Az RHFT üzembe helyezését megelőző években (1974–1976 között) meghatározták a telep és közvetlen környezetének környezeti állapotát, az úgynevezett „0” szintet. Ez szolgál alapul minden további környezeti felmérésnek.

A „0” szint felvétele során a környezeti elemek (levegő, víz, talaj, növény, állati eredetű minták) radioaktivitási értékeit határozták meg.

A környezeti elemek rendszeres vizsgálatait az RHFT környezeti laboratóriuma a szakhatóságok által elfogadott program szerint végzi. A program tartalmazza a mintavételi helyeket, a mintavételi gyakoriságokat, a minta előkészítés, a mérés módszereit és az eredmények értékelését (10.1. táblázat).

10.1. táblázat. A püspökszilágyi RHFT alapszint felmérése 1976–77-ben

Származási hely	Víz (Bq/g)	Iszap, talaj (Bq/g)	Növény (Bq/g/hamu)
Galga, torkolat előtt	$1,15 \cdot 10^{-4}$	0,48	6,80
Galga, torkolat után	$6,90 \cdot 10^{-5}$	0,49	6,75
Némedi-patak, híd	$3,00 \cdot 10^{-4}$	0,59	6,70
Gémeskút	$2,10 \cdot 10^{-4}$	—	7,80
Püspökszilágy, híd	$7,40 \cdot 10^{-5}$	0,56	6,70
Belterület I.	—	0,74	5,00
Belterület II.	—	0,77	9,00
Belterület III.	—	0,85	7,10
Halastó	$3,70 \cdot 10^{-4}$	0,59	—
Csapadékvíz tároló	$4,80 \cdot 10^{-4}$	0,22	—
Figyelőkút	$2,00 \cdot 10^{-4}$	—	—
Figyelőkút	$9,60 \cdot 10^{-5}$	—	—
Ivóvíz	$1,07 \cdot 10^{-4}$	—	—
Szilágyi-patak, torkolat	$1,15 \cdot 10^{-4}$	0,44	7,40
Galga, Aszódnál	$5,90 \cdot 10^{-4}$	0,44	6,70
Püspökszilágy, Tsz	—	0,74	7,00
Váckisújfalu, Némedi-patak	$3,00 \cdot 10^{-4}$	0,70	6,80
Hal	3,00 Bq/g	—	—
Aerosol, RHFT	$2,30 \cdot 10^{-1}$	—	—
Aerosol, Tsz	$1,92 \cdot 10^{-1}$	—	—
Fall-out, RHFT	$4,80 \cdot 10^{-3}$	—	—
Fall-out, Tsz	$2,90 \cdot 10^{-2}$	—	—

Megjegyzés: csak össz. béta felmérés készült

A laboratóriumi mérési eredményeket a mérési naplóba és számítógépes nyilvántartásba kell venni. Egyes környezeti elemek (víz, talaj, növény) radioaktivitását az ellenőrző sugárvédelmi hatóság (ÁNTSZ Pest megyei Intézete) és szakintézet (OSSKI) évi egy-két alkalommal közös mintavételezés alapján ellenőrző mérésekkel határozza meg. A tárolóteren összegyűjtött csapadékvizet a medencéből kibocsátás előtt meg kell vizsgáztatni külső laboratóriummal is (ÁNTSZ Fővárosi Intézete, OSSKI, ÉVI stb.) (10.2. táblázat).

1991-ben az új monitoring rendszer üzembe helyezésével elvégeztettük az akkori alapszint felmérését, amely a tárolótérnél telepített 16 db sugárzás megfigyelő kút (szondakút) esetében a természetes és mesterséges eredetű izotópok dózisszintjének mérését jelenti.

A felmérés másik része a megfigyelő-kutak vizének radioaktivitás megfigyelésére terjed ki. Itt az összes béta aktivitást, valamint a gammasugárzó izotópok (nuklid-szelektív) mérését végzik. Az új monitoring rendszer egyéb vizsgálatai (felszínmozgás vizsgálatok, hidrogeológiai vizsgálatok) „0” szintje is meghatározásra került.

A környezeti laboratórium ellenőrző tevékenysége mellett a telephelynek, valamint környezetének megfigyelésére 1990-ben egy másik rendszer, az ún. monitoring rendszer épült ki, amely 5 különböző adatsort megfigyelő rendszerből áll. Az adatok kiértékelésével észrevehetők a telephelyen, ill. környezetében beálló esetleges változások, így még időben lehetőség van a megfelelő intézkedések meghozatalára. A rendszer működését részletes előírások szabályozzák, az észlelések, értékelések ennek megfelelően történnek.

a) A felszíni talajmozgások ellenőrző rendszere

A telephely környezetében fellépő esetleges talajmozgások meghatározására épült ki, védőcsöves kialakítású, mélyalapozású (15 m) alappontok, és 3 m mélységben elhelyezett

10.2. táblázat. Környezeti elemek radioaktív vizsgálatainak mintavételi helyei és gyakoriságai

Mintavételi hely	Víz	Iszap	Talaj	Növény
RHFT mérőállomás*	—	—	—	—
Tsz mérőállomás*	—	—	—	—
Belterület I.	—	—	12 /év	2 /év
Belterület II.	—	—	12 /év	2 /év
Belterület III.	—	—	12 /év	2 /év
Tsz mintavételi hely	—	—	12 /év	2 /év
Csapadékvíz levezető árkok	—	—	2 /év	—
Új tárolósor, jobb oldali jobb	—	—	2 /év	—
Új tárolósor, jobb oldali bal	—	—	2 /év	—
Új tárolósor, bal oldali jobb	—	—	2 /év	—
Új tárolósor, bal oldali bal	—	—	2 /év	—
Csapadékvíz tároló 60 m ³	alkalm.	—	—	—
Csapadékvíz tároló 75 m ³	alkalm.	—	—	—
Figyelőkút „55”	2 /év	—	—	—
Figyelőkút „A”	2 /év	—	—	—
Figyelőkút „B”	2 /év	—	—	—
Figyelőkút „C”	2 /év	—	—	—
Figyelőkút „V”	2 /év	—	—	—
Egyéb figyelőkutak	alkalm.	—	—	—
Galga, Aszódnál	1 /év	1 /év	—	1 /év
Galga, torkolat előtt	1 /év	1 /év	—	1 /év
Galga, torkolat után	—	1 /év	—	1 /év
Halastó*	6 /év	6 /év	—	2 /év
Kerítésen belül I. jobb	—	—	1 /év	—
Kerítésen belül II. jobb	—	—	1 /év	—
Kerítésen belül III. bal	—	—	1 /év	—
Kerítésen belül IV. bal	—	—	1 /év	—
Lefedett tárolósor, bal oldal	—	—	1 /év	1 /év
Lefedett tárolósor, jobb oldal	—	—	1 /év	1 /év
Némedi-patak, híd	2 /év	2 /év	—	2 /év
Némedi-patak, temető vonala	2 /év	2 /év	—	2 /év
Némedi-patak, Váckisújfalu, híd	1 /év	1 /év	—	1 /év
Szilágyi-patak, híd	2 /év	2 /év	—	2 /év
Szilágyi-patak, torkolat	2 /év	2 /év	—	2 /év
Termőföld kerítésen kívül I. jobb	—	—	1 /év	—
Termőföld kerítésen kívül II. bal	—	—	1 /év	—
Ivóvíz	alkalm.	—	—	—

*A táblázatban szereplő mintavételek mellett a halastóból évi 6 alkalommal történik halfogas mintavételi célal. Az RHFT és a Tsz mérőállomásain naponta mérnek aerosolt, továbbá hetente történik fall-out mintavétel.

mozgásvizsgálati mérőpontok hálózatából áll. A mérések során a mérőpontok egymáshoz viszonyított helyzetét, elmozdulását vizsgálják 0,001 m-es pontossággal, évi egy alkalommal.

b) A felszínközeli sugárzás megfigyelőrendszere

A létesítés célja a tárolók műszaki védelme, valamint közvetlen környezetük ellenőrzése sugárvédelmi szempontból. A rendszer a tárolómedencék mellett kb. 2,5 m-re elhelyezett 16 db kettős, perforált acélcsőből készült, kis mélységű (7 m) megfigyelőszondából áll. Az ellenőrző méréseket évente két alkalommal az ide vonatkozó előírások szerint végzik. Minden értékelhető változás az előző mérési eredményekhez képest a tárolók sérülését, a talaj szennyeződését jelentheti, jelezve a beavatkozás szükségességét.

c) Hidrogeológiai megfigyelő rendszer

Összesen 31 db észlelőkút tartozik a rendszerhez, nagy részük 1990-ben létesült. Ezek béléscső védelmében elhelyezett szűrőcsövek, ill. ásott kutak. Közülük 9-be folyamatos vízszintregisztráló műszer lett telepítve, ezeket havonta olvassák le. A műszerrel el nem látott kutakban kéthetente mérik a vízszintet 0,01 m pontossággal. Feladatuk a talajvíz magasság-változásának folyamatos ellenőrzése. A kutakból vett mintákon vízkémiai vizsgálatokat is végeznek évi egy alkalommal az MSZ 448, MSZ 260, MSZ 12750 szabványnak megfelelően.

d) Izotóp-hidrológiai vizsgálatok

A figyelőkutak közül néhányat rétegvíz vizsgálatra jelöltek ki az ezekből vett vízmin-ták rendszeres kémiai, mikroelem és izotóp elemzése alapján. A mérési eredmények kiérté-kelése támpontot ad a terület esetleges hidrológiai változásainak nyomon követéséhez. Kitűn-tetett szerepe van a trícium elemzések elvégzésének.

e) Felszíni vízvizsgálatok

Mivel a Szilágyi-patak a mérések szerint utánpótlást kap az RHFT területén beszi-várgott talajvízből, ezért szükséges a-patak vízének rendszeres izotóp-hidrológiai vizsgálatát elvégezni. Ezen méréshez kapcsolódik a telepet övező Némedi-, és Szilágyi-patak vízhozam mérése, valamint ezzel egyidőben a Szilágyi-patak térségében két szelvényben trícium-kon-centráció meghatározása is.

A monitoring rendszer üzembe helyezésekor (1990–1991-ben) végeztek „0” szint fel-mérést, amely viszonyítási alapul szolgál a telep környezetében fellépő esetleges környezeti vál-tozások pontos meghatározására. A monitoring rendszer által végzett észlelésekről, elemzésekről évente összefoglaló jelentés készül. A jelentést – amely a környezeti elemek radioaktivitás vizs-gálati eredményeit is tartalmazza, megküldik az ÁNTSZ OTH-nak és a Pest megyei Intézetnek.

10.2.9. A telephely lezárása és intézményes ellenőrzése

A létesítmény egészére se lezárási, se leszerelési terv eddig nem készült. Az eredeti tervek szerint az „A” típusú tárolócellák lefedésére 1–1 cellapár megtelését követően az aláb-biak szerint került volna sor: a megtelt cellákra ráhelyezik a 19 cm vastagságú földémpaneleket. A földémpanelek egymás közti és a szerkezeti beton felé eső hézagait híg betonnal kiöntik, amire 6–12 cm vastagságú lejtbeton kerül. A lejtbetont kétszeres bitumenes kenéssel szigetelik, amelyre a szigetelés védelme érdekében egy védő betonréteget terítenek. A tároló közelében lévő depóniáról (amelyet a teleprende-zés során kiemelt földből képeztek) 1:1,5 ré-zsúvel építik meg a max. 50 cm vastagságú agyagtöltést.

A jelenlegi földtakarás az út szintjéhez viszonyítva 2 m magas és két oldalról 1–1 rézsúvel került kialakításra. A felső részen kb. 1%-os lejtésű. Anyaga az eredeti terveknek megfelelően a tereprende-zés során kiemelt helyi iszapos agyagos közetliszt. A jelenlegi földtaka-rást ideiglenesnek kell tekinteni. Célja az üzemterületi dózisok szabad szintre való csökken-tése és a betonszerkezetek külső hatások, csapadék fagyás elleni védelme. A földtakarás je-lenlegi állapotában a fenti célokra tökéletesen elegendő. Készítési technológiájából adó-dóan egy 3 rétegű szerkezettel jellemezhető. Legfelső réteggént egy 10–15 cm vastag termő-talaj alakult ki, ami alatt egy kb. 60 cm vastagságú lazább, nem tömörített réteg helyezkedik el. A tárolócellák fejrésze fölött kb. 1,3–1,5 m vastagságú tömör, szálaban álló iszapos agya-gos réteg helyezkedik el. Megállapítható, hogy az eredeti tervekhez képest a földémpanelek hézagkitöltő híg betonozása hiányzik, a lejtbeton és a szigetelésvédő beton viszont kicsit vas-tagabb az előirányoztnál. A szigetelésvédő beton külső felületét 2 rétegű bitumenes kenés védi.

Lezárási és leszerelési terv hiányában feltételezhető, hogy az ideiglenes földtakarás kiegészítéseként még egy kb. 1–1,5 m vastagságú takaró réteget fognak kialakítani, valószínűleg belső drénelési megoldásokat alkalmazva. Már a jelenlegi földtakarás is kb. 10 mm/év értékben korlátozza az átszivárgó nedvességtartalmat, így ennek kiegészítésével a várható néhány mm/év határérték teljesíthető lesz. A biztonsági elemzés céljaira azt feltételezzük, hogy a földtakaráson átszivárgó nedvesség nem fogja meghaladni az 5 mm/év értéket.

A felszíni radioaktív hulladéklerakók *rendkívül érzékenyek a szándékolatlan emberi behatolásra*. A nemzetközi ajánlások ennek korlátozására az intézményes ellenőrzést ajánlják. A tároló lezárását követően az elhelyezési rendszer felszínről elérhető részeit karbantartani kell. Ennek során a felszíni vízelvezetés tisztítását a földtakarás védelmét a mélygyökerű növényektől és a kerítés karbantartását kell elvégezni.

Emellett a radioaktív hulladéklerakó telephely és környezete monitoring jellegű ellenőrzése is folytatódni fog az ellenőrző hatóság által meghatározott mértékben. A 7/1988 SZEM rendelet vonatkozó melléklete szerint ez az ún. *aktív intézményes ellenőrzés* min. 50 év időtartamú. A jelenlegi nemzetközi gyakorlatban az aktív intézményes ellenőrzés 100–300 év. Ezt követően a kerítés elbontható és a telephely további karbantartására nincs szüksége.

Ettől függetlenül a létesítmény holléte és jellemzői ismertek maradnak (pl. földhivatali nyilvántartások, nemzetközi adatbázisok), az esetleg alkalmazott időtálló jelzések is fennmaradhatnak a telephelyen. Ezzel a szándékolatlan emberi behatolás valószínűségét még további 200–300 évre csökkenteni lehet. A passzív intézményes ellenőrzés meghatározatlan időtartamát követően azt kell feltételeznünk, hogy a létesítmény holléte és jellemzői hosszú távon feledésbe merültek.

10.3. A hosszútávú környezetbiztonság értékelése

10.3.1. Az elhelyezett hulladéktípusok, jellemzők és mennyiségek meghatározása

A püspökszilágyi RHFT-ben 4 típusú elhelyezési létesítmény található. Az „A” típusú vasbeton tárolócellák szolgálnak a szilárd vagy megszilárdított hulladékok elhelyezésére. Ide kerülnek a biológiai hulladékok is és a cementezett zárt sugárforrások egy része is.

Az üzemeltetés korai fázisában begyűjtött radioaktív szennyvizek kezelését a térkitöltő betonozás készítése során történő felhasználásokkal oldották meg. A „C” típusú tárolóba kerültek elhelyezésre a szerves oldószer alapú radioaktív hulladékok. A „B” és „D” típusú tárolók (kutak) kizárólag zárt sugárforrások elhelyezésére szolgálnak.

Az egyedi hulladékfajták és csomagolási megoldások legnagyobb száma az „A” típusú tárolóknál észlelhető. Az előbb említett szennyvíz mellett a szilárd hulladékok 200 l-es fémhordóban, 50 l-es műanyag zsákban, 1,2 m³-es acélkonténerekben, ill. egyedi csomagolásban is kerültek elhelyezésre. A tömör zárt sugárforrások – kisebb aktivitás szint esetén – a munkatartójukban vagy konténerekben kerültek lerakásra az „A” típusú tárolókban.

Az elhelyezett izotópok száma rendkívül nagy. A hosszú időtartamú környezetbiztonság értékeléséhez a beszállított és felhalmozott aktivitás-készlet szűrését az alábbiak szerint végeztük el:

– Elsőként kizártuk az aktivitás-készletből azokat az izotópokat, amelyek felezési ideje az 5 évet nem haladta meg. Ennek oka, hogy a 100 éves intézményes ellenőrzést feltételezve ez alatt az idő alatt aktivitásuk több mint egymilliomod részére csökken.

– A kizárás után fennmaradt izotópok körét abból a szempontból vizsgáltuk, hogy a hulladékban lévő aktivitásuk bármínemű mesterséges korlát nélkül képes-e a lakosságra vonatkozó dóziskorlátot (1 mSv/év) meghaladó dózislekkötést okozni, ha a koncentrációjuknak megfelelő ivóvízbeli koncentrációt és 2 l/nap ivóvíz fogyasztást feltételezünk.

10.3. táblázat. Az elhelyezett aktivitás jellemzői, A)

Izotóp	Felezési idő, év	Teljes aktivitáskészlet, Bq
³ H	12,3	2,89E+14
¹⁴ C	5,73E+03	3,60E+12
⁶⁰ Co	5,27	3,63E+14
⁸⁵ Kr	10,7	2,35E+11
⁹⁰ Sr	29,1	4,01E+13
⁹⁹ Tc	4,20E+06	1,97E+11
¹³⁷ Cs	30	7,92E+12
²¹⁰ Pb	22,3	7,36E+08
²²⁶ Ra	1,60E+03	1,70E+11
²²⁶ RaBe	1,60E+03	1,55E+11
²³² Th	1,40E+10	4,51E+10
²³⁴ U	2,44E+05	7,83E+09
²³⁵ U	7,04E+08	2,60E+08
²³⁸ U	4,47E+09	2,28E+10
²³⁸ Pu	8,77E+01	1,98E+10
²³⁸ PuBe	8,77E+01	4,76E+11
²³⁹ Pu	2,41E+04	1,27E+10
²⁴¹ Am	4,32E+02	1,68E+12
²⁴¹ AmBe	4,32E+02	5,19E+12

A szűrés után a hosszútávú környezetbiztonság szempontjából mértékadó izotópok körét a 10.3. táblázatban mutatjuk be. Az A) táblázatrész tartalmazza az összesített aktivitáskészletet 2001. január 1-i állapotnak megfelelően. A B) táblázatrészben szerepelnek a térkitöltés nélküli „A” típusú cellák adatai a hulladékfajtáknak megfelelő bontásban, a C) táblázatrész a térkitöltött cellák adatait tartalmazza, míg a D) rész a „C”, „B” és „D” típusú tárolók aktivitáskészletét mutatja. Az alkalmazott adatfelbontás megfelel a forráserősség modellezésnél használt típusfelbontásnak.

10.3.2. A forgatókönyvek származtatása

A felszíni hulladék-elhelyezési létesítmények esetén is lehetetlenség a jövőben várható valamennyi hatás egyedi értékelése. Ezért olyan forgatókönyvekre (a tárolórendszer állapotait és időbeli változását jellemző eseménysorokra) van szükségünk, amelyek nagy valószínűséggel lefedik a lehetséges történéseket. A forgatókönyvek származtatását a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően a tároló-rendszer jellemzőit, az azt érintő eseményeket és a folyamatokat leíró telephely független metodika alapján végeztük el (FEP – *Features, Events Processes* megközelítés).

10.3. táblázat. B)

Izotóp	Térkitöltés nélküli „A” cellák, Bq				
	Szilárd	Műanyag	Hordós	SSRS cementezve	SSRS
³ H	5,14E+13	3,49E+11	1,37E+12	1,13E+14	5,72E+13
¹⁴ C	2,34E+11	6,34E+11	8,63E+11	1,06E+09	2,28E+04
⁶⁰ Co	1,21E+11	6,49E+10	2,18E+12	1,50E+12	7,78E+10
⁸⁵ Kr	3,39E+09	1,97E+09	6,23E+10	6,01E+10	0
⁹⁰ Sr	5,53E+11	1,27E+11	2,86E+12	1,97E+11	1,30E+09
⁹⁹ Tc	2,10E+04	3,47E+08	3,17E+05	1,44E+11	1,73E+05
¹³⁷ Cs	2,07E+10	1,35E+11	4,85E+10	2,69E+12	9,32E+09
²¹⁰ Pb	0	0	1,84E+08	5,53E+08	0
²²⁶ Ra	4,86E+10	1,90E+10	1,05E+10	3,64E+09	6,01E+08
²²⁶ RaBe	0	0	0	7,03E+09	2,96E+08
²³² Th	1,022E+09	1,487E+10	1,97E+09	5,01E+03	0
²³⁴ U	0	7,15E+09	0	6,81E+08	0
²³⁵ U	1,85E+08	7,39E+07	2,34E+05	0	0
²³⁸ U	3,63E+09	2,20E+06	7,20E+04	1,76E+08	0
²³⁸ Pu	3,53E+05	1,20E+04	1,54E+05	0	0
²³⁸ PuBe	0	0	0	9,11E+09	4,66E+11
²³⁹ Pu	7,71E+06	6,62E+06	1,91E+08	6,06E+07	0
²⁴¹ Am	5,36E+04	3,53E+09	6,28E+10	2,35E+11	0
²⁴¹ AmBe	0	0	0	7,13E+11	2,26E+09

A munka során célunk azon forgatókönyvek azonosítása volt, amelyek az elhelyezett radioaktív hulladékoktól származó, s az embert érő besugárzásokhoz vezethetnek.

Kiindulási alapnak az EVEREST projekt keretein belül készült FEP listát tekintettük, amelyet a NAÜ ISAM programjában szintén az OECD NEA bázisán kidolgozott FEP lista egyes elemeivel bővítettünk. Az alkalmazott módszer az alábbi lépésekből áll:

- FEP katalógus felvázolása, a NEA FEP listából kiindulva (NEA 1992);
- a FEP-ek szűrése fontossági szempontok szerint;
- a releváns FEP-ek két kategóriába csoportosítása: normál fejlődéstörténeti forgatókönyv vagy módosított fejlődéstörténeti forgatókönyv;
- bioszféra FEP-ek: a csak a bioszférára ható FEP-ek, céljuk a bioszféra modell kialakítása, de ezeket nem vesszük figyelembe a tároló-létesítményre vonatkozó forgatókönyvek meghatározásánál;
- azon FEP-ek csoportosítása, amelyek a tároló-rendszer módosított fejlődéstörténetéhez vezethetnek a hatásuknak megfelelően;
- a legrelevánsabb forgatókönyvek kiválasztása, mivel az összes meghatározott forgatókönyv következményeinek elemzésére nincs lehetőség.

A FEP lista szűrésére (azaz annak eldöntésére, hogy azok relevánsak vagy sem) az alábbi kizárási kritériumokat alkalmazzuk:

r1: kis valószínűség: azon FEP-eket, amelyek előfordulási valószínűsége kisebb, mint 10⁻⁸/év, töröltük;

10.3. táblázat. C)

Izotóp	Térkitöltött „A” cellák, Bq					
	Folyékony	Szilárd	Műanyag	Hordós	SSRS cementezve	SSRS
³ H	1,02E+11	1,79E+13	1,21E+11	4,74E+11	3,94E+13	4,00E+12
¹⁴ C	3,31E+11	1,92E+11	5,20E+11	7,07E+11	1,36E+10	6,79E+05
⁶⁰ Co	4,15E+09	1,03E+10	5,56E+09	1,87E+11	6,92E+11	3,87E+09
⁸⁵ Kr	0	2,29E+07	1,33E+07	4,22E+08	9,56E+10	0
⁹⁰ Sr	3,67E+08	2,22E+11	5,10E+10	1,15E+12	3,42E+13	4,08E+08
⁹⁹ Tc	0	1,14E+00	1,88E+04	1,72E+01	5,08E+10	0
¹³⁷ Cs	2,27E+09	7,21E+09	4,72E+10	1,69E+10	3,06E+12	3,74E+07
²¹⁰ Pb	0	0	0	0	0	0
²²⁶ Ra	1,83E+08	8,15E+09	3,19E+09	1,75E+09	2,58E+09	1,66E+08
²²⁶ RaBe		0	0	0	3,51E+08	1,68E+10
²³² Th	1,00E+06	1,56E+09	2,27E+10	3,01E+09	2,00E+06	0
²³⁴ U	0	0	5,01E+03	0	0	0
²³⁵ U	0	4,99E+03	2,00E+03	6,31E+00	1,33E+06	0
²³⁸ U	4,33E+08	1,85E+10	1,12E+07	3,67E+05	5,86E+03	0
²³⁸ Pu	0	1,47E+06	5,01E+04	6,42E+05	1,34E+10	0
²³⁸ PuBe	0	0	0	0	4,07E+07	0
²³⁹ Pu	0	3,45E+08	2,96E+08	8,54E+09	3,29E+09	0
²⁴¹ Am	0	7,43E+02	4,89E+07	8,70E+08	1,00E+12	8,33E+06
²⁴¹ AmBe	0	0	0	0	1,69E+12	0

r2: elhanyagolható következmények: néhány FEP esetében nem várható semmiféle negatív hatás a tárolórendszer viselkedésére;

r3: nem releváns a figyelembe vett befogadó közetre: a NEA listán számos FEP só- vagy puha agyag képződményekre tipikus;

r4: nem releváns a tervezett telephelyre;

r5: nem releváns a tervezett tároló koncepcióra és hulladéktípusra;

r6: az eljövendő generációk felelőssége: mindegyik generáció felelős tudatos cselekedeteiért (csak a szándékolatlan tevékenységet kell figyelembe venni);

r7: többszörös bevitel: néhány FEP hasonlóan kihatással van a tárolórendszer viselkedésére, emiatt nem szükséges közöttük további különbséget tenni.

A FEP lista ilyen módon történő szűrése 48 FEP kizárását és 78 FEP relevánsnak ítéelését eredményezte. A lista szűrési eredményei alapján 5 olyan forgatókönyvet definiálhatunk, amelyek alapvetően tükrözni fogják a lerakott radioaktív hulladékok jövőbeli hatásait. Ezek:

– *Normál fejlődéstörténet*

A lerakott radioaktív hulladékok a jelenlegi lefedési és lezárási terveknek megfelelően beton záróréteget kapnak az „A” típusú cellák tetején, amire 2–4 m vastagságú földtakarás kerül. A „C” típusú tárolócellák, valamint a „B” és „D” típusú kutak lezárásánál is ezzel számolunk. Az „A” típusú cellákban lerakott műanyag zsákos hulladékok tömörödése, a hordós szilárd hulladékok esetleges mikrobiológiai bomlása és az egyéb anyagok (pl. fa) bomlása még az intézményes ellenőrzés időtartama alatt kb. 2–3 m mély üregképződéssel járó tö

10.3. táblázat. D)

Izotóp	C tároló		„B” kutak		„D” kutak	
	Cementezett	Szabad	SSRS cementezett	SSRS	SSRS cementezett	SSRS
³ H	0	6,74E+11	0	0	0	3,09E+12
¹⁴ C	1,23E+08	1,08E+11	0	0	0	1,08E+08
⁶⁰ Co	0	7,80E+08	1,40E+11	3,56E+14	7,19E+11	6,38E+11
⁸⁵ Kr	–	–	0	1,01E+10	0	1,20E+09
⁹⁰ Sr	–	–	0	4,73E+11	0	2,19E+11
⁹⁹ Tc	–	–	0	0	0	2,08E+09
¹³⁷ Cs	–	–	4,36E+09	9,00E+11	9,97E+10	8,80E+11
²¹⁰ Pb	–	–	0	0	0	0
²²⁶ Ra	–	–	0	1,68E+10	3,23E+10	2,45E+10
²²⁶ RaBe	–	–	0	6,81E+10	0	6,02E+10
²³² Th	–	–	0	0	0	0
²³⁴ U	–	–	0	0	0	0
²³⁵ U	–	–	0	0	0	0
²³⁸ U	–	–	0	0	0	0
²³⁸ Pu	–	–	0	2,94E+09	0	3,43E+09
²³⁸ PuBe	–	–	0	0	0	0
²³⁹ Pu	–	–	0	0	0	3,91E+06
²⁴¹ Am	–	–	0	1,31E+11	3,50E+09	2,47E+11
²⁴¹ AmBe	–	–	1,96E+09	2,56E+11	4,25E+09	2,50E+12

mörödést okoz a hulladékokban, a térkitöltés nélküli cellákban s a szerkezeti beton elemek biztosítják a fedőréteg épségét. A lezárást követő 500 év elteltével lehet számítani arra, hogy a beton előregedése és átalakulása miatt a földempanelek beroppannak vagy beesnek a cellákba. Ez a földtakarás sérülését váltja ki s a térkitöltés nélküli cellák betonfelszínének megfelelő talajszint fog kialakulni. A normál fejlődés történeti forgatókönyvben ezt térben kiterjednek tételezzük fel, így a felszíni vízelvezetés módosulásának hatásait nem vizsgáljuk. A beomlás után a beszivárgó csapadékvíz közvetlenül érintkezésbe kerül a cellában tárolt hulladékokkal s azt kioldva a telítetlen zónán keresztüli leszivárgást követően a talajvízzel terjed a Szilágyi-patak felé. A normál fejlődéstörténeti forgatókönyv részeként a gáz halmazállapotú hulladékok kiszabadulásával, valamint a mikrobiológiai bomlásból eredő gázképződéssel is számolnunk kell. A gázok a légköri nyomásingadozás hatására kerülnek ki a földtakarás fölé, így a telephelyen tartózkodó ellenőrző személyzet inhalációs dózisterhelésével is számolni kell.

– *Alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyv*

A normál fejlődéstörténet esetén leírt folyamatok lesznek a jellemzők ebben az esetben is, csak azzal a feltételezéssel nem élünk, hogy a földtakarás beomlása után egyenletes, a felszíni vízelvezetést biztosító terepszint alakul ki. Egy-egy cella földemének beomlását követően „kráter” képződésre kell számítani, főleg olyan cellák környezetében, ahol a térkitöltés nélküli és teljes mértékben kibetonozott cellák érintkeznek egymással. A kráter képződés miatt sokkal intenzívebben beszivárgásra kell számítanunk, mivel a csapadék időszakos töcse jelleggel a kráteren belül fennmarad.

– *Az erózió és a rétegcsumás hatásai*

A normál fejlődéstörténeti forgatókönyv során a földempanelek beroppanását követően kialakuló új felszín gyakorlatilag a beomló föld és a hulladék keverékét fogja tartalmazni (tehát nem zárható ki egyes hulladékcsomagok felszínre kerülése). E keverék lassú eróziója a radioaktív izotópokat mind a felszíni vizekkel, mind a szilárd részecskékkel a Szilágyi-patak irányába vezeti el, amit az üledékkel megvalósuló – és a halastóig terjedő – felszíni vizekkel történő terjedés követ. A telephelyre elvégzett szeizmikus kockázatbecslés eredményei alapján nem zárható ki az az eset sem, hogy egy erősebb földrengés hatására rétegcsumás történik a Szilágyi-patak felé vezető enyhe lejtésű domboldalon (a 10 000 évenkénti földrengés által okozott vízszintes gyorsulás értékét 0,35 g-re becsülték, míg az állékonysági vizsgálatok szerint a domboldal 0,21 g értékig állékony). Ebben az esetben a lerakott hulladék és a felszín között valószínűleg hidraulikai rövidzár képződik, amin keresztül a tárolóba beszivárgó nedvesség az üzemterület határához közel már felszínre jut, s a felszíni szennyeződés terjedése az eróziós folyamatokkal egyezően fog a továbbiakban lezajlani.

– *Szándékolatlan emberi behatolás*

A normál fejlődéstörténeti forgatókönyv késői szakaszában, gyakorlatilag az intézményes ellenőrzés után (ennek minimális hosszát 300 évre becsülhetjük, de figyelembe véve a betonszerkezetek degradációját célszerűbb az 500 év használata) a telephely léte és jellemzői feledésbe merülhetnek. Ennek megfelelően nem zárható ki, hogy a hulladékok felett lakókörnyezet kerül kialakításra. Feltételezésünk szerint egyedi családi házas – kertes beépítést alkalmaznak, s a helyben lakók ki lesznek téve mind a külső sugárzás, mind a táplálék fogyasztásból eredő belső sugárterhelés hatásainak. A tereprendezés során gyakorlatilag olyan felszínből indulnak ki, ahol foltokban a lerakott radioaktív hulladék már a felszínen van, így az izotópok közvetlenül benne lesznek a művelt terület talajában.

– *Útépítés*

A szándékolatlan emberi behatolás előző forgatókönyve csak a hulladék egy részének felszínre kerülését tételezi fel (a házépítés során max. 3 m mély munkagödör-pince kialakítására kell számítani). Egy útépítés során azonban a dombok gerincének 6–10 m mély átvágása is feltételezhető. Ennek során az út és védőlejtésmélységei szélességének megfelelően a lerakott hulladék teljes mélységét meghaladó földmunka várható, így jelentősebb aktivitás felszínre kerülését kell prognosztizálnunk.

10.3.3. Kibocsátási mechanizmusok és a forráserősség jellemzése

Az aktivitás-készlet jellemzését már olyan csoportosításban végeztük el, amely megfelel az egyes hulladékfajtákból történő kibocsátási mechanizmusnak. A hulladékok legjelentősebb részét a kezeletlen vegyes szilárd hulladékok alkotják, amelyek papírt, műanyagokat laboratóriumi és építési törmeléket, szennyezett talajt tartalmaznak. Csomagolási formájuk vagy kettős műanyag-polietilén zsák, vagy szabványos 200 l-es hordó.

A műanyag zsákos csomagolás élettartamát max. négyszer 10 évre becsülhetjük, ha a tárolóban lévő szerves anyagok mikrobiológiai lebontása beindul. Forráserősség szempontból így ezeknek a hulladékoknak az aktivitás-tartalma kb. 30 év alatt teljes egészében elérhetővé válik az izotóp transzportért felelős közeg (beszivárgó nedvesség, levegő) számára. Ezen hulladékok mikrobiológiai lebontását követően kb. eredeti térfogatuk 40–50%-ára zsugorodnak, s jellemzőik a szerves talajokéhoz hasonlóak lesznek. Ennek megfelelően a kibocsátás forráserősségét meghatározó folyamatként a szilárd fázison bekövetkező szorpciót lehet azonosítani.

A hordós csomagolások, vegyes szilárd hulladékok átalakulási mechanizmusa a műanyag zsákos hulladékokéhoz hasonló. Itt azonban a szénacél hordó önálló védelmi gátat jelent a kikerüléssel szemben. A szénacél hordók külső oldalunkon két rétegű festéssel vannak ellátva. A hordók tönkremenetelét a tárolócellán belüli korrózió fogja meghatározni. A korrózió sebesség értéke 0,1–40 mm/év tartományba esik. Ezzel összhangban van a magyar szabványokban szereplő atmoszférikus korróziós sebesség értéke is (amely szerint 10 mm/év a méretezési alapérték). Az 1,2 mm falvastagságú hordók tönkremeneteléhez így átlagosan 80–120 év szükséges.

Egyes hulladékfajták (pl. az iszapok vagy a szerves oldószerek) kezelésük során nem kötődnek meg szilárd hordozóanyagban. Ez azt jelenti, hogy ezek a hulladékok az aktivitástartalom szempontjából szintén azonnal mobilizálhatónak minősülnek. Esetükben csak a fémhordó vagy kanna mint csomagolási forma jelent járulékos korlátot az aktivitás kikerüléssel szemben.

A hulladékok másik nagy csoportját a cement-, vagy betonalapú hulladékformák alkotják. A létesítmény jellemzésénél leírtaknak megfelelően a folyadék formában begyűjtött radioaktív hulladékokat a cellák térkitöltő betonozásához keverve szilárdították meg. Az alkalmazott beton receptura viszonylag híg ($W/C = 0,5$) beton alkalmazását írta elő, így a térkitöltés általában makroporozus. Lényegesen tömörebb – és a kioldással szemben ellenállóbb – hulladékformák jönnek létre cementkő alkalmazása esetén. A cementkövek – a hulladék átadó telephelyén végzett cementezést feltételezve – a cementezett hordós hulladékokra jellemzők. Mind a cement, mind a beton hordozó alkalmazása esetén az aktivitás kikerülésre csak a diffúzió által ellenőrzött módon kerülhet sor. A hordós csomagolású cementezett hulladékoknál hosszabb hordó-élettartammal számolhatunk a magas pH által biztosított felület-passziválódás miatt. A cementezett hulladékot tartalmazó hordók élettartamát így 150–200 évre becsülhetjük. A felszín alatt elhelyezett beton és cementkő gyakorlatilag nincs kitéve a fagyási ciklusok hatásainak. Tönkremenetelét alapvetően kémiai folyamatok (karbonátosodás, szulfátosodás, stb.) fogják meghatározni. A cementkő és a beton kalcium-elszegényesedése néhány 1000 évig tartó folyamat. E miatt a hulladékforma tönkremenetelét csak 1000–2000 év elteltével lehet valószínűsíteni. A biztonsági elemzésekben megszokott konzervatív megközelítés miatt, valamint amiatt, hogy a készítési technológia ellenőrizetlen és általunk nem ismert, azt feltételeztük, hogy a cementezett, ill. betonos hulladékformák az elhelyezést követő 500. évben finomszemcsés anyaggá alakulnak át. Ezt követően az aktivitás kibocsátást meghatározó folyamattá a kémiai puffer hatását továbbra is megtartó magas pH-jú környezet fogja a szorpción keresztül meghatározni. A kémiai környezet változását csak több ezer év elteltével lehet feltételezni.

Önálló hulladékformaként kell definiálnunk az elhelyezett zárt sugárforrásokat. Kialakításukat nagyon szigorú követelmények határozzák meg. Ellen kell állniuk a mechanikai behatásoknak, a tűzterhelésnek, extrém alacsony hőmérsékleteknek úgy, hogy zártságukat nem veszíthetik el. A zárt sugárforrásokat általában rozsdamentes acél tokban helyezik el, de pl. ²²⁶Ra esetén platina vagy arany tokozást is alkalmaztak a 20. sz. elején. A rozsdamentes acél tokon belül az aktív mag többféle kémiai formában fordul elő. Legkedvezőtlenebb esetben vízzeloldható sóként töltötték be a radioaktív izotópokat a tokba (ez a megoldás a Cs és Sr izotópok esetén gyakori). Fémes természetű izotópoknál általában ötvözetben található az aktivitás a forráson belül (Co-források). Gyakran alkalmaznak keramikus hordozón belül diszpergált radioaktív izotópokat is a zárt forrásokban (Kr, Am, Pu). A zárt források élettartamát alapvetően a fém házuk korróziója fogja meghatározni. A jellemző korrózió sebességi

adatokból (0,1–0,3 mm/év) könnyen kiszámítható, hogy a források élettartama 1200–1500 év. Figyelembe véve az esetleg eltérő anyagminőségeket a tok és a fedél hegesztésénél még konzervatíván is 800–900 évre tehetjük azt az időpontot, amikor az ép források réskorróziója tömörségvesztést okoz, s az aktivitás-tartalom viszonylag kis felületen keresztül diffundálni kezd a környezet felé. A zárt források jelentős része cementbe ágyazva lett elhelyezve. Kötelezően hordóba történő cementezést alkalmaztak a szivárgó (tehát a nem bizonylatolható) források esetén s ezeket a hordókat az „A” típusú cellákba helyezték el. Sugárvédelmi megfontolásokból a „D” és „B” típusú kutakban is alkalmazhattak rétegenkénti cementezést.

Az „A” típusú vasbeton cellák élettartamára a beton tönkremenetelével kapcsolatban korábban elmondott megfontolások az irányadók. A forráselemzés jellemzése szempontjából a létező A típusú tárolók nem tekinthetők tömör, vízzáró szerkezetnek. A szerkezeti beton rész vízvezető képessége 10^{-6} – 10^{-7} m/s értékkel jellemezhető. A belső és külső felületeken alkalmazott vízszigetelés (aszfaltos kenés és cementhabarcs simítás) valószínűleg már az építést követő években néhány helyen meghibásodott. Erre utalnak a cellafeltárási vizsgálatoknál talált fagyási repedés nyomok az A5 cella belső felületén. Az elvégzett betonvizsgálatok szerint a karbonátosodás mélysége megfelel a nyitott állapotban eltöltött időnek, s további gyors előrehaladása nem valószínűsíthető. A szulfáttartalom valamennyi vizsgált esetben a megengedett értékeken belül volt.

A „B” típusú csőkutaknál a kutak fémanyaga rozsdamentes acél. Itt 100 mm-es átmérő esetén 3,6 mm, míg 40 mm-es átmérő esetén 2,5 mm falvastagsággal számolhatunk. A „D” típusú csőkút anyaga szénacél, falvastagsága 10 mm. A csőkutak beton védelmen belül helyezkednek el, így élettartamuk 1300–1800 évre becsülhető.

10.3.4. A telítetlen zónában megvalósuló anyagáramok

A telítetlen zónára korábban elkészített, és a talajminták mérési eredményein alapuló vizsgálatok eredményei alapján a lefelé irányuló vízmozgás jellemzése az alábbiak szerint adható meg:

A dombtető gerincén a talajvízszint átlagosan 19–21 m mélységben található. A telítetlen zóna jelentős inhomogenitásokkal rendelkezik: iszap, iszapos homokliszt, és sovány agyag fordul elő a felső részében, míg lejjebb az agyagosabb kőzetek a jellemzők.

Az elvégzett számítások szerint a telítetlen zónában megvalósuló nedvességmozgás mind az éves csapadéeloszlástól, mind a feltételezett réteg-mikroréteg struktúrától erősen függ. Az átlagos függőleges leszivárgási sebesség 30 év csapadékadatát felhasználva 24 cm/év értékűnek adódik. A rétegszerkezetben meglévő inhomogenitások kedvezőtlen hatásait feltételezve a leszivárgási sebesség 42 cm/év értékre növekszik, míg ha erre a kedvezőtlen esetre szuperponáljuk egy csapadékosabb időszak adatait, akár 60–80 cm/év leszivárgási sebességgel is számolhatunk. Ennek megfelelően a telítetlen zónán belüli transzportidő átlagát 80–100 évre, a leszivárgás minimális időtartamát pedig 20–40 évre becsülhetjük. Az inhomogenitások térbeli eloszlásának ismeretéhez oly mértékű feltárásos-fúrásos vizsgálatra lenne szükség, amit a feladat jelentőségével nem lehet indokolni. Így a telítetlen zónára 3D modell nem szerkeszthető.

10.3.5. Hidrológiai modell

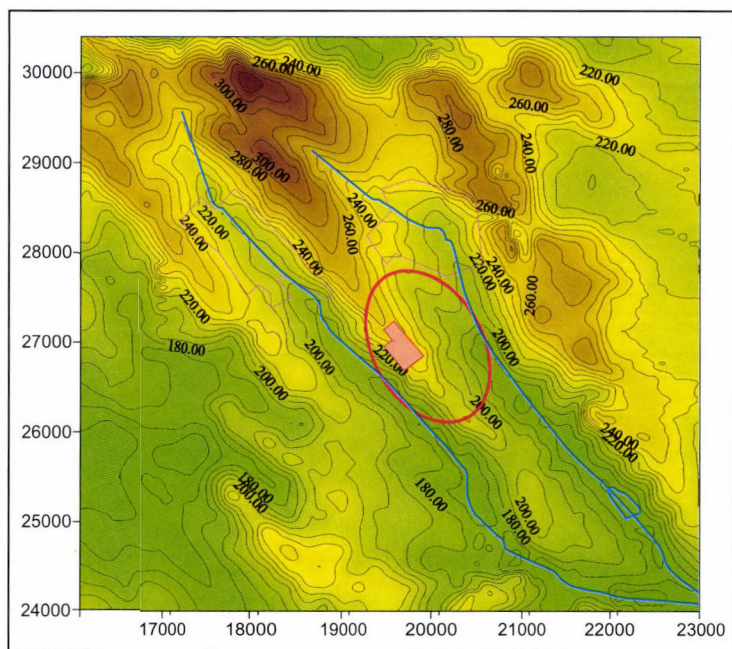
A jelen munka során a modellezés célja az RHFT környezetében a talajvízmozgás leírása volt. A feladat elvégzéséhez az ATOMKI a MODFLOW és MODPATH programcső-

magot használta. A MODFLOW véges differenciás módszerrel dolgozó numerikus matematikai modell, amely alkalmas a vízmozgás háromdimenziós leírására porózus közegben, a telített zónában. A modell elkészítéséhez szükséges bemenő adatok:

1. A terület térképe, a felszín domborzati térképe;
2. A terület hidrológiai szelvénye (rétegek száma, a rétegek felső és alsó határoló felülete /opcionális, közelítésként sík felületek és a rétegek átlagos vastagsága is megadható/, hidraulikus vezetőképességük, tároló és áteresztő képességük, porozitásuk);
3. A területen található olyan objektumok adatai, amelyek a terület áramlási viszonyait meghatározzák/befolyásolják (folyók, tavak, csatornák vízszintje, mélységük, a meder áteresztőképessége; kutak helye, vízkitermelés, ill. betáplálás, talpmélység, szűrőzés; nagyobb épületek helye, falvastagság, áteresztőképesség);
4. Legalább egy olyan talajvízszint érték a modellezni kívánt területtől nagyobb távolságban, amely időben (legalább is egy adott időintervallumon belül) állandónak tekinthető. A modell ezt az értéket tekinti vonatkoztatási szintnek;
5. Az éves csapadék mennyisége;
6. Párolgási adatok (itt figyelembe vehető a területen található növényzetnek a talaj vízháztartására gyakorolt hatása);
7. A modell kalibrálásához a területen elhelyezkedő megfigyelő-kutakban azonos időben (tranziens modell esetén a vizsgált stresszperiódusokban) mért vízszintek, a kutak pontos koordinátái, szűrőzésük helye. Ezek az adatok a modell futtatásához nem szükségesek, de a modell hitelesítéséhez nélkülözhetetlenek.

A talajvíz mozgása porózus közegben három dimenzióban parciális differenciálegyenlettel írható le, amelynek analitikai megoldása csak kivételes esetben lehetséges, helyette numerikus közelítést lehet alkalmazni. A MODFLOW ún. véges differenciás módszerrel számol: a terület térképe és hidrológiai szelvénye alapján megszerkesztett háromdimenziós hálóban az egyes cellák közepére oldja meg numerikusan a differenciálegyenleteket, a megoldáshoz a fentiekben ismertetett bemenő adatokat mint kezdeti és határfeltételeket felhasználva. A számítás eredményeként megkapjuk a terület piezometrikus vonalainak térbeli elhelyezkedését, a víz sebességének térbeli eloszlását (irány és nagyság szerint). Minél finomabb felosztást készítünk, annál jobb közelítés érhető el.

A MODFLOW segítségével statikus (*steady state*) vagy az időbeli változást figyelembe vevő (*transient*) szimuláció végezhető. A statikus modellhez egyetlen adatsorra van szükség, ezt a kiindulási állapotot állandónak tekinti, ez alapján ábrázolja az áramlási viszonyokat. A tranziens modell a területen történt változásokat figyelembe veszi. Egy-egy időintervallumra más-más határfeltételeket adhatunk meg, így figyelembe vehetjük pl. a folyók változó vízszintjét, a kutak eltérő szivattyúzását, a csapadékmennyiség változását, stb. Ebben az esetben időben változó piezometrikus térképeket kapunk. Mindkét modell típus esetén a figyelő-kutakban mért vízszintértékeket a modell összehasonlítja a számított értékekkel, így a felállított modell helyességét ellenőrizni tudjuk. A víz által szállított részecskék pályáját, sebességüket, elérési időket számol a MODFLOW segítségével kialakított áramlási modell alapján. A részecskék sebességvektora merőleges a piezometrikus vonalakra, a sebesség nagyságát a hidraulikus potenciál-különbség határozza meg. Segítségével megadható, hogy egy adott időpillanatban egy adott helyen található konzervatív szennyező bizonyos idő elteltével hol fog tartózkodni, merre halad, mennyi idő szükséges ahhoz, hogy egy bizonyos távolságra elérjen. Vagy fordítva: honnan indulhatott és mennyi időre volt szükség ahhoz, hogy az adott helyre érjen. A programnak a MODFLOW bemenő adatain kívül más input adatra nincs szüksége, mind-



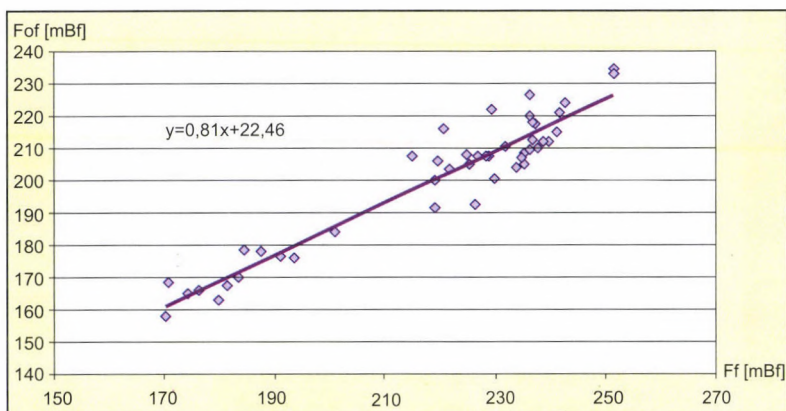
10.6. ábra. A modellezett terület (vékony kék vonal), és ezen belül a fúrásokkal feltárt területrész (vastag piros vonal) határa (Vékony piros vonallal: Püspökszilágy község belterületének határa.)

össze azt kell megjelölni, hogy hol tartózkodnak azok a részecskék, amelyeknek a mozgását nyomon kívánjuk követni. A MODFLOW az (X,Y) síkban derékszögű koordinátákkal és szabályos négyszög területtel dolgozik, a modellezni kívánt terület természetes határait is magába foglaló négyszöget kellett választanunk.

A modellt az $X = -17\,000$ – $-23\,000$ m és $Y = -24\,000$ – $-30\,000$ m koordináták közötti területen, 100×100 m-es hálóban építettük fel, amelyet a létesítmény környezetében 25×25 m-re finomítottunk. A modell kiterjedése függőleges irányban: $Z = 120 - 350$ mBf.

A fúrásszelvények alapján a felső talajréteg, az oligocén réteg felszíne és az oligocén márga felszíne viszonylag jól megszerkeszthető volt. A fúrásszelvények alapján nem sikerült összefüggő rétegekre tagolni a pleisztocén összletet. A geoelektromos vizsgálatok eredményei és a jelen projekt keretében végzett hidroszondás mérések alapján szerkesztettük meg azt a felületet, amely a pleisztocén összleten belül egy kisebb és egy nagyobb szivárgási tényezővel jellemezhető réteget elválaszt.

A terület domborzati viszonyait tekintve nyilvánvaló, hogy az egyes rétegekre a sík felület – átlagos vastagság közelítés nem alkalmazható. A fúrások térben a 10.6. ábrán bemutatott térképen a pirossal határolt területen belül helyezkedtek el. Az egyes rétegek felszínét ezen a területen lehetett rekonstruálni, a modellbe foglalt terület nagyobb részére extrapolálni kellett. Ehhez feltettük, hogy az egyes rétegek felszíne hasonlóan igazodik a földfelszínhez, mint azon a részen, ahol az adatok rendelkezésre álltak. A felszín – rétegfelszín pontokból lineáris regresszióval meghatározott arányossági tényezővel (pl. az oligocén felszínre a 10.7. ábrán) számítottuk a hipotetikus rétegfelszíneket.



10.7. ábra. Az oligocén réteg felszínének becslésére alkalmazott lineáris regresszió értékei az RHFT tágabb környezetében. – Fof = fűrasszelvényről leolvasott oligocén felszín; Ff = fűrasszelvényről leolvasott felszín

Mivel a felső 1–1,5 m vastag talajréteg a modell szempontjából teljesen száraz, a modell nem tudja kezelni, ezért ez nem szerepel a rétegek között. A két felső réteg a pleisztocén összletnek felel meg, a geofizikai mérések alapján megszerkesztett határral. A sötétkék az oligocén agyagot, a zöld az oligocén márgát jelképezi.

A szivárgási tényezőkre vonatkozó adatok az OSSKI 1997-es zárójelentésének (A nem atomerőművi eredetű radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezésével kapcsolatos hatósági állásfoglalás műszaki megalapozása. Zárójelentés. OSSKI 1997. márc.) megfelelő táblázataiból, ill. az 1999–2000 során a MÉLYÉPTERV által mélyített K1-K4 fúrások szelvényeiből és a 2000-ben végzett hidroszondás vizsgálatokból származnak. A K1-K4 fúrások és az 1990-ben a MÉLYÉPTERV által készített 51–71 sz. fúrások szelvényeiből származtattuk a teljes porozitásra vonatkozó adatokat.

A fűrasszelvények vizsgálata során két, a modellben alkalmazni kívánt rétegek megszerkesztése szempontjából súlyos nehézség merült fel. Az egyik a pleisztocén összletben talált, szivárgási tényezőjükben erősen különböző „lencsék” értelmezése: lehet-e egyetlen átlagos értékkel rendelkező réteggel helyettesíteni, és ha igen, hány rétegre kell tagolni az összletet. A másik probléma az volt, hogy egyes fúrásokban a víz egyértelműen az oligocén rétegben jelenik meg, másokban a pleisztocénban. Ezek után felmerül a kérdés, hogy jogos-e az oligocén felszínt vízzárónak tekinteni, ha igen, akkor két külön víztartóról kell-e beszélni (amik közül az egyik vízzáró!). A jelen munka célja nem ennek a kérdésnek az eldöntése. A modell célja az, hogy az észlelt vízszinteket reprodukálja, és ez alapján felvázolja a vízmozgás, ezzel együtt az esetlegesen talajvízbe kerülő szennyező lehetséges útvonalát. Ami egyértelműen látszik a fűrasszelvényekből az az, hogy a mélységgel csökken a szivárgási tényező. Eltekintve az egyes rétegek elnevezésétől (korbesorolásától), kiindulásként a következő értékeket fogadtuk el:

A program futtatása közben és főként a modell kalibrálása során kiderült, hogy egyetlen átlagos értéket feltételezve az egyes rétegekre az egyes kutak között észlelt vízszintkülönbségek nem magyarázhatók (pl. Psz-54 és Psz-56 között 3 m, Psz-56 és Psz-20 között 1 m), ezért figyelembe vettük agyag-, ill. kavics- és homoklencsék jelenlétét. Ezeknek a szivárgási tényezője $K_{x,y} = 5 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-9}$ m/s, $K_z = 1 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-10}$ m/s, ill. $K_{x,y} = 5 \cdot 10^{-5} - 7 \cdot 10^{-6}$ m/s, $K_z = 1 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-6}$ m/s változik. A gerinc mentén az agyagos kőzetek dominálnak, a mélység-

gel csökken az átlagos szivárgási tényező, míg a Szilágyi-patak felé eső domboldalon nagyobb kiterjedésű homokos-kavicsos betelepülést kell figyelembe venni (10.4. táblázat).

10. 4. táblázat. A modellben az egyes rétegekre alkalmazott szivárgási tényezők és porozitás értékek

Réteg	$K_{x,y}$ m/s	K_z m/s	Effektív porozitás	Teljes porozitás
1.	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	0,25	0,42
2.	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-8}$	0,22	0,38
3.	$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$	0,20	0,35
4.	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$	0,15	0,30

A terület áramlási viszonyainak alakításában a Szilágyi- és Némedi-pataknak jelentős szerepe van. A patakok útvonalát a már említett 1:10 000 léptékű térképről olvastuk le, a medrek mélységét végig a felszínnél 1,5 m-rel mélyebbnek tételeztük fel. A patakok vízszintjének és a folyás menti vízszintváltozás becsléséhez a GEO-SIVO Kft méréseit használtuk (A Némedi- és Szilágyi-patakok pillanatnyi vízhozam mérésének eredményei. Zárójelentés GEO-SIVO 1996, 1997, 1998, 1999 és 2000. első félév). A patakmedrek áteresztőképességére vonatkozó közvetlen adatunk nem volt, ezt a modell kalibrálása során változóként kezeltük. A változtatásra a Szilágyi-patak esetében a modell érzékenyen reagált, míg a Némedi-patak esetében ennek alig volt hatása.

A terület É-i részén vízválasztónak tekinthető az a kb. 283–286 m magas hegygerinc, amelynek D–DK oldalán a Némedi-patak ered és a Galga felé folyik, a túloldalon eredő Gombás-patak a Duna felé folyik. A létesítmény környezetében a gerinc mentén az átlagos talajvízszint a felszínnel csaknem párhuzamosan, 20–24 m mélységben található. Feltettük, hogy ez a tendencia folytatódik a gerinc mentén ÉNy és DK felé is. Ezért a vonatkoztatási vízszintet északon az említett vízválasztó mentén 260 m-ben, délen 160 m-ben jelöltük meg.

Az éves csapadék mennyiségnek a Kisnémedi TSz és az RHFT területén 1993. jan. 1-től 2000. jún. 30-ig tartó időszakban mért napi csapadékadatok éves átlagát tekintettük. A csapadék leszivárgó hányadát a modell kalibrálása során becsültük meg. Ez mindössze 5–8%-nak adódott a terület nagy részére vonatkozóan, míg a domboldalakon gyakorlatilag nincs beszivárgás.

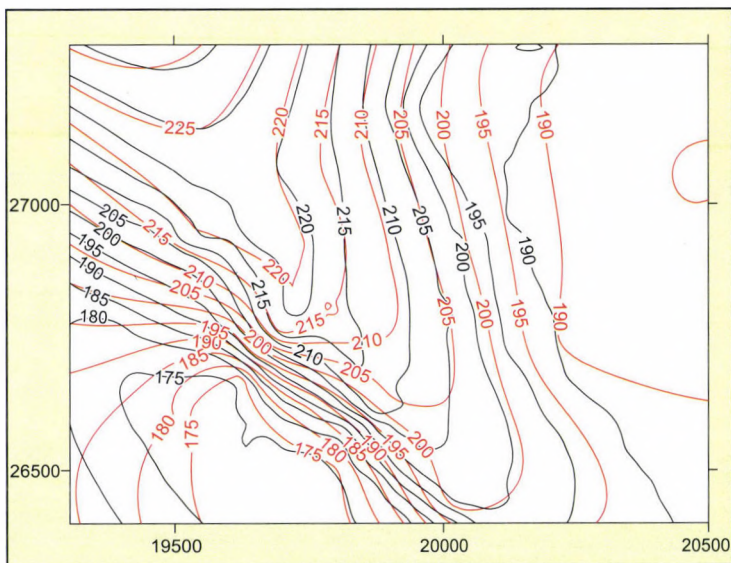
A modell kalibrálásához a területen működő 27 észlelőkútban és 3 ásott kútban 1994. okt. és 1999. dec. között mért vízszintek átlagát használtuk. A 10.8. ábrán fekete színnel a modellel számított, pirossal a mérési adatokból SURFER-rel interpolált piezometrikus vonalakot ábrázoltuk. A 10.9. ábra az ún. kalibrációs egyenest mutatja: a vízszintes tengelyen az észlelőkutakban mért vízszintek, a függőlegesen a modellel számított értékek láthatók.

10.3.6. A bioszféra modellezés inputjainak összeállítása

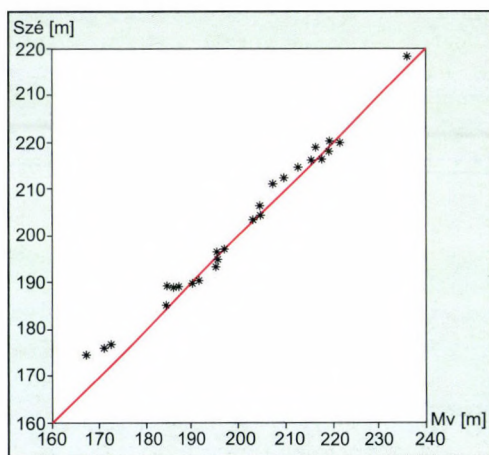
A felszíni vizekbe bejutó radioizotópok által okozott lakossági sugárterhelés vizsgálata a telephely környezetében az alábbiak szerint értékelhető.

10.3.6.1. A dóziskonverziós tényezők meghatározása

A telephelyről a felszíni vizekbe bejutó radioaktív hulladékok elkeveredés és hígulás után eléri a vízkivételi, ill. egyéb hasznosítási pontokat. Ily módon a radioaktív szennyeződés a vizek hasznosítása során közvetlenül, vagy közvetve (a vízi táplálékláncon keresztül) érintkezésbe kerül az emberrel, és külső, ill. belső sugárterhelést okozhat.



10.8. ábra. A MODFLOW-mal számított (fekete) és a mérési adatokból SURFER segítségével rajzolt (piros) piezometrikus vonalak a vizsgálati területen



10.9. ábra. Az észlelőkutakban mért vízszintek (Mv) és a modell segítségével számított értékek (Szé) helyzete a kalibrációs egyeneshez viszonyítva

Általános megközelítésben a vízi környezet modellezése két részre bontható. Az első rész a radioaktív anyagoknak a víztömegben való hígulását, majd a vízzel együtt történő transzportját foglalja magába.

Ennek során fizikai, kémiai folyamatok révén kötődnek a környezeti elemekhez, ill. beépülnek a biológiai szervezetekbe, szövetekbe. A második rész az ezen fizikai, biológiai anyagokkal való terjedést modellezi a különböző besugárzási útvonalakon keresztül.

Jelen vizsgálat csak a második rész folyamataival foglalkozik, vagyis azzal a kérdéssel, hogy a különböző radionuklidoknak egy általános, komplex módon hasznosított felszíni vízben kiala-

kuló egységnyi aktivitás koncentrációja (1 Bq.l^{-1}) esetén a lakosság kritikus csoportjának az egyes besugárzási útvonalakhoz tartozó, ill. teljes sugárterhelése milyen értékű. Az ilyen módon egységnyi vízkoncentráció esetén kapott sugárterhelések számértéke megegyezik a dóziskonverziós tényezővel.

10.3.6.2. Kiindulási adatok és feltételezések

A radionuklidok környezeti terjedését leíró modellek – noha a valós folyamatoknak szükségképpen valamilyen szintű leegyszerűsítését jelentik – meglehetősen összetettek és nagyszámú paramétert tartalmaznak. A különböző paraméterek (átviteli tényezők, fogyasztási és hasznosítási adatok, dózistényezők) értékét sok, általában nem teljes mértékben ismert tényező befolyásolhatja. A fentiek miatt a kibocsátásokból történő dózisbecslések eredő bizonytalansága 5–10-szeres is lehet.

Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy a kibocsátások lakosságra gyakorolt hatásának becslése csak közvetett módon, számításokkal lehetséges. Egyrészt ezen hatások a dózisokkal jellemezhetők, amelyek egy csoportja – a belső dózisok – elméletileg sem mérhetők közvetlenül, másrészt a hatások olyan kismértékűek, hogy a legfejlettebb mérési technikák érzékenysége sem elegendő kimutatásukhoz. Ez sajnos érvényes a kibocsátásokból származó környezeti aktivitás koncentrációk mérési lehetőségére is, amellyel pedig a modellszámítások bizonytalanságának jelentős részét kiküszöbölhetnénk.

Az ilyen számítások nagymértékű bizonytalansága miatt általánosan elfogadott és alkalmazott alapelve, hogy a kiindulási feltételeket és a modell paramétereit ésszerűen konzervatív módon választjuk meg, ily módon biztosítva, hogy becslésünk eredménye nagy biztonsággal ne legyen kisebb a valódi dózishoz, azonban indokolatlan mértékű felülbecslést se tartalmazzon.

A vízi tápláléklánc modellje és paraméterei:

Az általunk használt számítási metodika felszíni vizekbe történő, rutinszerű, kis aktivitású radionuklid kibocsátások leírására használható, megegyezik az ICRP 29 sz. kiadványában leírt, állandósult állapotok jellemzésére használható ún. koncentráció-faktor módszerrel.

A tápláléklánc leírására használt kompartment modell alap gondolata az, hogy a rendszert olyan részegységekre (kompartment) bontjuk, amelyek általában funkcionális szempontból elkülönülnek, és bennük a vizsgált radioizotópok eloszlása homogénnek tekinthető.

A kompartmentek közötti anyagforgalmat általában elsődrendű kinetika jellemzi, így a rendszer matematikai leírása lineáris (általában állandó együtthatós) differenciálegyenlet rendszerrel történhet. Ennek megoldásai általánosan exponenciális tagok összegével állíthatók elő. A gyakorlatban, különösen a környezeti folyamatok leírására, többnyire elfogadható közelítés az egyensúlyi viszonyok feltételezése, amikor is a differenciálegyenlet rendszer algebrai egyenletrendszerre egyszerűsödik. Ezt a közelítést az is indokolja, hogy a folyamatokat meghatározó paraméterek többségét időben állandó koncentrációk mellett határozták meg. Az ICRP fenti kiadványában bemutatott koncentráció-faktor módszer is ezt a közelítést használja.

A radionuklidok vízi környezeti kibocsátásából származó külső, ill. a belső dózisok becsléseinél figyelembe vettük a hazai viszonyok mellett fontos összes besugárzási útvonalat, azaz :

- a) a külső besugárzást
 - a szennyezett folyótól,
 - a folyóparttól,
 - az öntözött mezőgazdasági földektől;
- b) a belső besugárzást
 - az ivóvízfogyasztásból (kútból),
 - a halfogyasztásból,

– az öntözés révén elszennyeződött zöldségnek, ill. a szennyezett takarmányt és ivóvizet fogyasztó haszonállat tejének és hújának a fogyasztása révén,

– az öntözött talaj felporlódása, a szennyezett por belégzése következtében.

Megjegyezzük, hogy az összes lehetséges (fontosabb) útvonal figyelembe vétele bizonyosan konzervatív becslést eredményez, hiszen nem feltétlenül várható a szennyeződést tartalmazó felszíni víz teljes és minden szempontból történő felhasználása és hasznosítása. Ugyanakkor az egyes besugárzási útvonalakhoz tartozó dóziskonverziós tényezők önállóan is, mindenféle kombinációban használhatók, tehát egyes, nem jellemző besugárzási útvonalak elhagyása könnyen megvalósítható.

Célszerűnek láttuk ugyanakkor, hogy a teljes vízi táplálékláncot komplex módon tárgyaljuk, hiszen az így kapott dóziskonverziós tényező mindegyike ugyanazon kiindulási feltételhez (1 Bq.l⁻¹ koncentráció) tartozik. A besugárzási útvonalak részcsoportonkénti tárgyalása, ill. az egyes részeknél különböző kiindulási feltételek alkalmazása (pl. folyóvíznél 1 Bq.év⁻¹ kibocsátás, a talaj-növény-állat láncnál 1 Bq.m⁻³ kiindulási öntözővíz aktivitás koncentráció) megítélésünk szerint a gyakorlatban igencsak megnehezíti egy teljes, „univerzális” dóziskonverziós tényező származtatását.

A folyékony kibocsátásból származó, a befogadó felszíni vízben C_v koncentrációra hígult radioizotóp aktivitás koncentrációja egyensúlyi állapotban a tápláléklánc valamely p elemében:

$$C_p = C_v P_{v,p},$$

ahol $P_{v,p}$ a koncentráció (bioakkumulációs) faktor. A számítások során felhasznált, koncentráció, ill. bioakkumulációs faktorokat a következő irodalmak alapján állítottuk össze: IAEA SS57, IAEA TRS364, CNS 288.1-M87.

A vízi kibocsátásból származó külső és belső sugárterhelés becslése:

A környezeti elemekben kialakuló fenti C_v , C_p aktivitás koncentrációk következtében létrejövő egyéni külső és belső sugárterheléseket az alábbi általános képletekkel számíthatjuk,

1. Külső sugárterhelésre:

$$E_k = C_v \cdot DFK_v \cdot g_v \cdot t_v, \text{ vagy } E_k = C_p \cdot DFK_p \cdot g_p \cdot t_p,$$

ahol DFK a megfelelő dóziskonverziós tényező, g a besugárzási geometria korrekciós tényezője, t az adott elemhez és tevékenységhez tartozó hasznosítási idő.

2. Belső sugárterhelésre:

$$E_b = C_v \cdot DFB_v \cdot k_v \cdot F_v, \text{ vagy } E_b = C_p \cdot DFB_p \cdot k_p \cdot F_p,$$

ahol DFB a lenyelési dózistényező, k a tisztítást és egyéb veszteségeket kifejező korrekciós tényező, F az adott környezeti elemről származó élelmiszer fogyasztása.

A lakossági dózisok becsléséhez használt lenyelési és belégzési dózistényezőket, (amelyek számértéke megegyezik az adott kémiai formájú, 1 Bq aktivitású radioizotóp felvételéhez tartozó lekötött effektív dózisokkal) az IAEA SS115 kiadványból, a külső besugárzáshoz tartozó dózistényezőket pedig a már hivatkozott CNS 288.1-M87 irodalomból vettük. A radioaktív hulladéktároló környezetében élő lakosság 6 korcsoportjára (1 év alatti csecsemőkre, 1–2 éves, 2–7 éves, 7–12 éves, 12–17 éves gyermekekre és 17 év feletti felnőttekre)

vonatkozó fogyasztási adatok helyi kérdőíves felmérésből származnak. A környezethasznosítási adatok helyi és hazai becslült értékek.

A számításokat a radioaktív hulladékok között előforduló azon radioizotópokra végeztük el, amelyek felezési ideje hosszú, a tárolóból való kijutásuk és a bioszférában való megjelenésük valószínűsíthetően nagyobb, így a ^3H , ^{14}C , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{231}Pa , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu és ^{241}Am radioizotópokat vizsgáltuk.

A hivatkozott modellel, metodikával és paraméterekkel a radioaktív hulladéktároló környezetében élő 1 év alatti csecsemők, 1–2 éves, 2–7 éves, 7–12 éves, 12–17 éves gyermekek és 17 év feletti felnőttek korcsoportjaira az egyes radionuklidok dóziskonverziós tényezőit és az egyes besugárzási útvonalak relatív hányadát határozták meg.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a radioizotópok többségének teljes dóziskonverziós tényezői a 10^4 – 10^6 nSv.év $^{-1}$.Bq $^{-1}$.I nagyságrendbe esnek. A nikkell radionuklidjaira és a tríciumra vonatkozó dóziskonverziós tényezők ettől 2–3 nagyságrenddel kisebbek. Nem tehető egyértelmű általános megállapítás a tekintetben, hogy a gyermekekre, vagy a felnőttekre kapott értékek nagyobbak-e. A felnőttek fogyasztási adatai magasabbak, ugyanakkor a belégzési és lenyelési dózistényezők a gyermekekre nagyobbak (a külső besugárzásra vonatkozó dózistényezőkben nincs érdemleges különbség). Így a ^{59}Ni , és ^{63}Ni izotópoknál a gyermekek és csecsemők, a ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{231}Pa , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am és ^{90}Sr izotópoknál a csecsemők, a ^{129}I izotópnál a 7–12, 12–17 éves gyermekek, míg a ^{137}Cs izotópnál a felnőttek teljes dóziskonverziós tényezői a nagyobbak. A besugárzási útvonalaknál látható, hogy ezek közül kiemelkednek a zöldségfogyasztás, az ivóvíz- és a tejfogyasztás útvonalai.

10.3.7. Az egyéni és kollektív dózisszámítások

A normál és alternatív fejlődéstörténetet tükröző forgatókönyvekre az eltérő esemény-sorok miatt önálló számításokat végeztünk. Az alábbiakban ezeket és kapott eredményeket ismertetjük.

10.3.7.1. Normál fejlődéstörténet

A hosszútávú biztonság szempontjából kiinduló állapotnak a lezárt létesítményt tekintjük. A püspökszilágyi RHFT-re aktuális lezárási tervvel még nem rendelkezünk, így a végleges lefedés kialakítását kivéve egyéb technológiai beavatkozást az elhelyezési rendszerbe nem feltételeztünk. A végleges lefedés várhatóan többrétegű, min. 3–4 m vastagságú földtakarást fog jelenteni, ami a lezárt tárolók betonfelszínére csak néhány mm/év csapadékbeszivárgást enged meg (ez tervezési követelményként specifikálandó). Az aktív intézményes ellenőrzés időszakában – biztonsági elemzésben ezt 100 évnél tekintjük – a telephely felügyeletét ellátó személyzet gondoskodni fog a földtakarás karbantartásáról, így mélygyökerű növények településére vagy telepítésére, ill. a felszín alatti üregekben élő rágcsálók vagy rovarok elszaporodására nem kell számítanunk. Az aktív intézményes ellenőrzést követően a földtakarás hidraulikai hatékonysága az eltelt idővel arányosan csökkenni fog, s várhatóan néhány száz év alatt jellemzői a környező területekhez közelednek. Biztonsági elemzés céljaira – konzervatív megközelítésként – ebben a forgatókönyvben 10 mm/év átszivárgással számoltunk addig az időpontig, amíg a vasbeton tárolómedencék szerkezeti stabilitásukat megőrzik. Ezt

követően a később részletezendő okok miatt a lokális beszívargás átlagértékének tekinthető 20 mm/év duplájával számoltunk a konzervatív megközelítés érdekében.

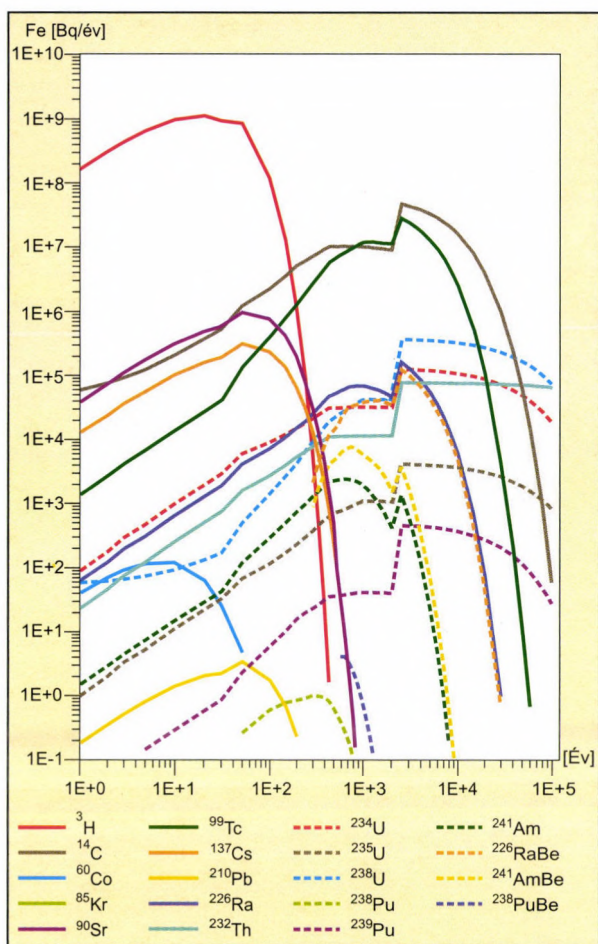
A földtakarás alatt az A és C típusú tárolómedencéket többretegű bitumenes izolációt tartalmazó beton-vasbeton fedő védi. Elméletileg ez a beépített szigetelés tönkremenetelig kizárja a cellákba történő nedvesség bejutást, de lokális hibák előfordulhatnak. A kezdeti időszakban a cellákba bejutó nedvességet így erősen felülbecslően a betonfelszínre elérő nedvesség-fluxus 10%-ra tehetjük. A beépített szigetelés élettartamára vonatkozó mérési eredmények nem állnak rendelkezésre. A cellafeltárás tapasztalatai alapján rögzíthető, hogy 20 év alatt sem a takaró betonban, sem a beépített bitumenes szigetelésekben észlelhető minőségromlás, vagy károsodás nem keletkezett, így a biztonsági elemzés céljaira azzal a feltételezéssel élünk, hogy a repedések megjelenése kb. 50 évvel a lezárást követően várható, s azok számának növekedése 450–500 év elteltével vezet olyan helyzethez, amikor a földtakaráson átszivargó teljes vízmennyiség a cellákba is bekerülhet.

A szerkezeti beton (a beépített vasalás miatt) tönkremenetelét a nemzetközi szakirodalom 2000 ± 500 év értékűre teszi. Szerkezeti szempontból meghatározó a vasalás korróziója. A cellafeltárás tapasztalatai szerint a korrózióhoz vezető elsődleges folyamat (karbonizáció, klorid és szulfát szennyezés) mértéke teljes egészében megfelel a nemzetközi irodalomban megtalálható becsléseknek, amelyek a fenti élettartamot valószínűsítik. A beton repedezését és a beépített vízszigetelés sérülését a fedőbetonnal megegyezőnek tekintettük az elemzésben. A szerkezeti élettartam elérését követően a cellák beltartalmának lassú tömörödésével és a fedőrétegek lassú süllyedésével számoltunk. Ez a süllyedés-tömörödési folyamat a környező rétegeknél nagyobb porozitítású közeget alakít ki, emiatt számoltunk a lokálisnál kétszer nagyobb későbbi átszivargással.

A csőutakban elhelyezett zárt sugárforrásoktól eredő forrásérősség meghatározásánál a csövek anyagának korróziójából és a csövek falvastagságából indultunk ki. A szénacélból készült „D” típusú kutak sérülésére így 500–800 év elteltével, míg a rozsdamentes acélból készült „B” típusú kutak sérülésére 1300–1700 év elteltével kell számítani. A sugárforrások tokozásának korrózióját párhuzamos folyamatként vettük figyelembe, így meghatározónak a csőutak bizonyultak.

A hulladékformák sokasága miatt a forrásérősség meghatározásában megkülönböztettük a térkitöltés nélküli cellák esetén a műanyagzsákos csomagolást, a hordóba vagy más konténerbe csomagolt vegyes szilárd hulladékot, a hordóba cementezett hulladékokat, a zárt sugárforrásokat és a cementezett zárt sugárforrásokat. A térkitöltéses cellák esetén a fentiekben túlmenően a térkitöltő betonhoz adagolt folyékony hulladékot is önálló hulladékformának tekintettük. A térkitöltő betonozással teljesen feltöltött cellák viselkedése nagymértékben hasonló a takaróbetonéhoz. Több cella esetén azonban a betonozás csak részleges. Ezt, valamint a térkitöltés fölött megmaradó 50–60 cm-es hézagot is figyelembe véve a térkitöltött cellákban a normál nedvesség-fluxus harmada lesz csak észlelhető. A dupla vagy tripla műanyagzsákba csomagolt hulladék aktivitástartalmának elérhetőségét a hulladékforma tönkremenetelével arányosnak tekintettük, s az elemzésben azt feltételeztük, hogy a mikrobiológiai lebomlás a lezárást követően azonnal megindul, s 15–20 év alatt végbemegy. A hordós csomagolású hulladékok esetén a hordók tönkremenetelét a korrózió sebesség értékeknek megfelelően 70–120 év között várhatjuk. A cementezett hulladékformáknál a cement mátrix viselkedését a takaróbetonnal leírt módon vettük figyelembe.

Az átszivargó nedvesség, a hulladékforma és/vagy csomagolás tönkremenetele, ill. a hulladékformák által meghatározott cellán belüli kémiai viszonyok alapján képeztük a táro-



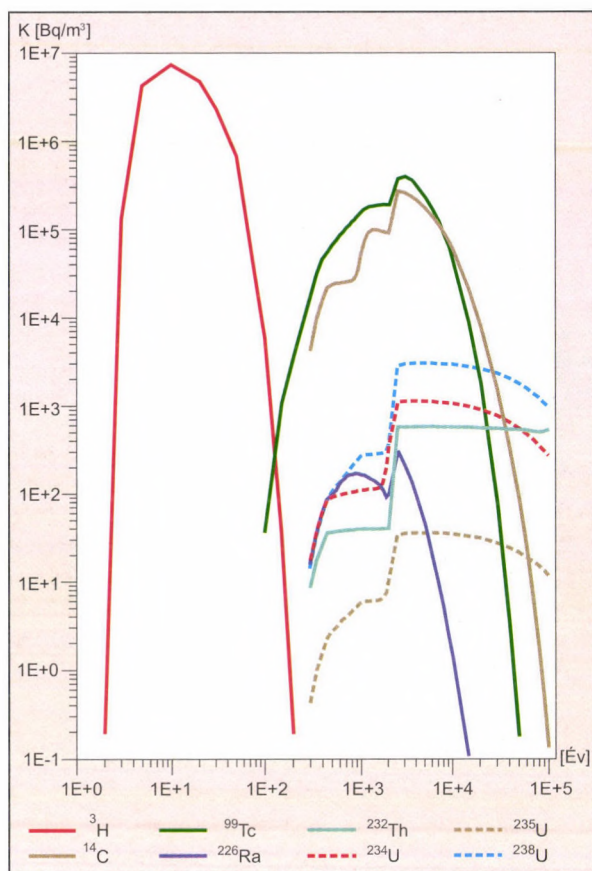
10.10. ábra. A normál fejlődéstörténetre adódó összegzett forraserős-ségek (Fe) alakulása

lóból kikerülő aktivitás izotóp-ponkénti fluxus-értékeit. (A továbbiakban az ábrákon – külön jelzés hiányában – egységes jelkulcsot használunk.) A szorpciós jellemzők közül az ATOMKI és az OSSKI által a betonra mért megoszlási tényezőket úgy alkalmaztuk, hogy a mért legrosszabb értékből a mérési hiba háromszorosát levontuk. Az összegzett forraserőségeket a 10.10. ábra mutatja be.

A tárolóból kikerülő aktivitás környezeti terjedése során a telítetlen zónában megvalósuló transzportot konzervatívan az alacsonyabb (20 éves) időtartamot használva vettük figyelembe. A szorpciós jellemzők közül az ATOMKI és az OSSKI által mért telephely-specifikus megoszlási tényezőket úgy alkalmaztuk, hogy a mért legrosszabb értékből a mérési hiba háromszorosát levontuk. Azok az izotópokra, amelyek a hosszútávú környezetbiztonság szempontjából mértékadónak bizonyultak, de telephely-specifikus megoszlási tényezőjük nem volt, a nem-

zetközi adatbázisokban szereplő konzervatív értéket vettük figyelembe (20% agyagtartalmú homokra vonatkoztatva azokat). A telítetlen zónán belüli terjedés során jelentősebb hígulást nem tételezhetünk fel, csak a lokális beszívargás által okozott különbséget vettük figyelembe (a cellákon átmenő nedvesség-fluxust a földtakaráson átszivargó nedvesség-fluxus cellákat elkerülő hányadával hígítottuk). A talajvízben kialakuló koncentrációt a 10.11. ábra mutatja.

A telített zónán belül megvalósuló aktivitás transzportot hidrogeológiai modellszámítás eredményei szerint vettük figyelembe a bioszféra modellhez való illeszkedés céljából 240 éves transzport időt alkalmazva. Szorpciós jellemzőkként a telítetlen zónában is alkalmazott telephely-specifikus adatokat használtuk. A terjedés során a terjedési útvonal környezetében megvalósuló beszívargás miatt jelentősebb hígulásra kell számolni. A hidrogeológiai modell eredményeinek megfelelően a maximális koncentráció 70-szeres hígulásával számolhatunk. Mind a telített, mind a telítetlen zónában a transzverzális diszperzió hatását (a csóva



10.11. ábra. Talajvízben kialakuló izotóp-koncentrációk (K) értékeinek változása normál fejlődéstörténet esetén

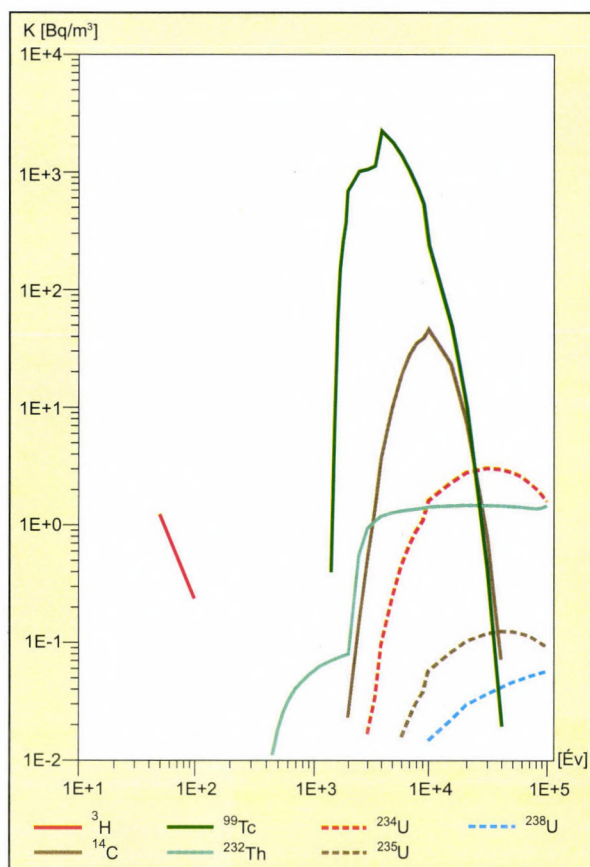
szétterülését) figyelmen kívül hagytuk. A Szilágyi-patak környezetében a talajvízben így kialakuló koncentrációkat a 10.12. ábra mutatja.

A Szilágyi-patak felé eső lejtőn a jelenlegi állapotban öntözésre, itatásra szolgáló kutak nem találhatók. Az észlelő rendszer kútjai csak vízszint mérésre és vízmintavételre szolgálnak. A nemzetközi gyakorlatban szokásos megközelítéssel élve a telephely jogi határánál ettől függetlenül feltételeztünk egy lokális vízfelhasználásra szolgáló, a maximális koncentráció irányába eső kútát. Az e kútban kialakuló koncentrációkat a 10.13. ábra mutatja. A forraserősség ábrákat és a különböző helyeken kialakuló koncentrációkat mutató ábrákat összehasonlítva megállapítható, hogy az aktivitáskészlet rövid felezési idejű (100 évet nem meghaladó felezési idejű) komponensei közül csak a nem kötődő trícium jut el a teltetlen zónán keresztül a ta-

lajvízig. A cellákon belüli és a telítetlen zónabeli szorpció a ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb és ^{238}Pu izotópok esetén tökéletes védelmet nyújt a hosszútávú környezetbiztonság szempontjából.

A bioszféra modelleknek megfelelően a Szilágyi-patak környezetében lévő és feltételezett kritikus csoport felnőtt és csecsemő korú egyedeire képeztük a várható dózisokat. A kritikus csoport felnőttjeire vonatkozó adatok a 10.14. ábrán szerepelnek. Az ábrából megállapítható, hogy a lezárást követő 1000 év elteltével az egyéni dózisok 0,01–1 mSv/év nagyságrendűek lesznek, s ezeket az értékeket alapvetően a ^{99}Tc , ^{232}Th és ^{14}C fogja meghatározni. Az alapvetően magasabb dóziskonverziós tényezők és az eltérő táplálkozási szokások miatt csecsemők esetén kb. 1 nagyságrenddel magasabb dózisértékek adódnak.

A dózisszámításokat elvégeztük arra az esetre is, ha a kritikus csoport egyedei csak és kizárólag a telephely jelenlegi jogi határa mellett elhelyezkedő – jelenleg nem létező – kútból származó vizet használnák a bioszféra modell vonatkozó komponenseinek megfelelően. A 10.15. ábra a hipotetikus kritikus csoport felnőtt egyedeire vonatkozik. A maximális dózisok 10–30 mSv/év között helyezkednek el, de a rövidebb terjedési útvonal miatt már 300–400 év elteltével mSv-es nagyságrendű össz dózis prognosztizálható. A hipotetikus kritikus csoport



10.12. ábra. Talajvízben kialakuló izotóp-koncentrációk (K) a Szilágyi-patak környezetében normál fejlődéstörténet esetén

alkalmazott megközelítésben ebben a forgatókönyvben feltételeztük a tárolócellák földempaneljeinek beroppanását a lezárást követő 500. évben, s a térkitöltéssel nem, vagy csak részben rendelkező cellák feletti „kráterképződést”. Ez megfelel a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott „korai meghibásodás” koncepciójának. A földempanelek beroppanását követően a néhány m vastag földtakarás szintje is csökken, lehetőséget adva ezzel a csapadék nagymértű, mély tócsában való felgyülemelésére, ami a beszivárgást jelentősen megnöveli. A hóolvadási időszakban – januártól márciusig – amikor a normál fejlődéstörténet esetén is nettó pozitív beszivárgásra kell számítani, a képződő tócsából akár 50–80 mm többlet beszivárgás is elképzelhető, így a biztonsági elemzésben éves szinten 100 mm/év nedvesség transzportot használtunk bemenő adatként. A korai meghibásodást követően az idő előrehaladtával a felszín lassú kiegyenlítődésére és a többlet beszivárgás csökkenésére kell számítanunk. Kb. 1000–1500 év elteltével a felszín kiegyenlítődését feltételeztük, s ezt követően a nedvesség-fluxust a normál fejlődéstörténetivel azonosnak tekintettük.

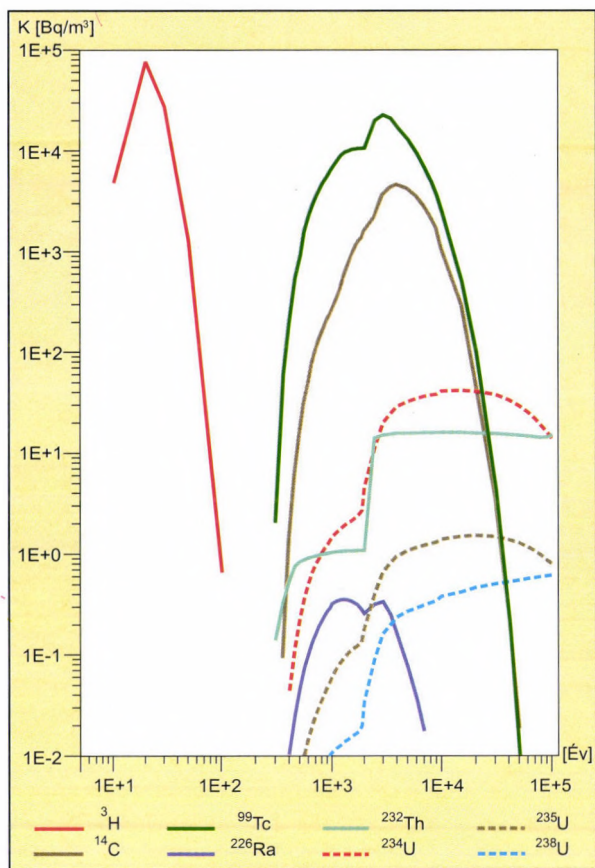
Az átszivárgó nedvesség, a hulladékforma és/vagy csomagolás tönkremenetele, ill. a hulladékformák által meghatározott cellán belüli kémiai viszonyok alapján képeztük a táro-

csecsemőire számított eredmények tendenciájukban követik az előző bekezdésben elmondottakat. A lezárást követő 3000 év környékén a csecsemő dózisok megközelítik és elérik a 100 mSv/év tervezett dózismegszorítás értékét, alapvetően a ^{99}Tc és a ^{232}Th járulékaiból.

10.3.7.2. Alternatív fejlődéstörténet

A hosszútávú biztonság szempontjából az alternatív fejlődéstörténet forgatókönyve kezdeti szakaszában megegyezik a normál fejlődéstörténetével. Ezért itt csak az eltérő feltételezéseket és kiinduló adatokat rögzítjük.

A szerkezeti beton (a beépített vasalás miatt) tönkremenetelét a nemzetközi gyakorlatban a biztonsági értékelések céljaira általában 500 év elteltével feltételezik, a szakirodalomban szereplő 2000 év helyett, a konzervatív megközelítés érdekében. Az általunk



10.13. ábra. A telephely határánál feltételezett kútban megjelenő izotóp-koncentrációk (K) alakulása normál fejlődéstörténet esetén

lóból kikerülő aktivitás izotóponkénti fluxus-értékeit. A szorpciós jellemzők megválasztásánál a nemzetközi adatbázisok konzervatív értékeit vettük figyelembe (ami a célján belüli megkötődés mértékének csökkenését okozza). Ez megfelel a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott „tökéletlen” kémiai környezet alkalmazásának. Az alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyvet tehát a korai meghibásodás és az előnytelen kémiai-szorpciós környezet kombinációjaként definiáljuk.

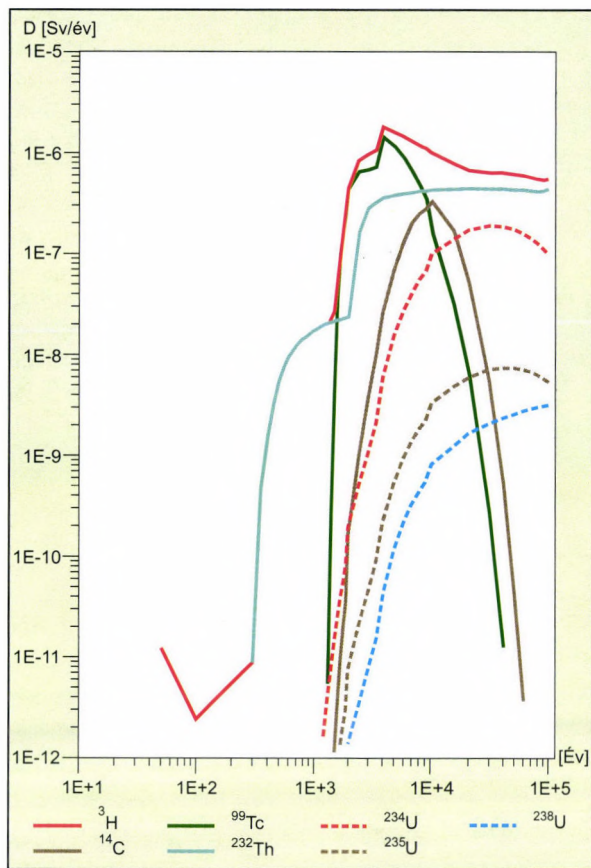
Az alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyv szerinti forráserősség értékeket a normál fejlődéstörténethez hasonlóan képeztük. A tárolóból kikerülő aktivitás környezeti terjedése során a telítetlen zónában megvalósuló transzportnál az alacsonyabb, 20 éves időtartamot használtuk.

A szorpciós jellemzők megválasztásánál a nemzetközi adatbázisok konzervatív értékeit vettük figyelembe.

A telítetlen zónán belüli terjedés során jelentősebb hígulást nem tételezhetünk fel, csak a lokális beszívargás által okozott különbséget vettük figyelembe (a cellákon átmenő nedvesség-fluxust a földtakaráson átszivargó nedvesség-fluxus cellákat elkerülő hányadával hígítottuk).

A telített zónán belül megvalósuló aktivitás transzportot a normál fejlődéstörténeti forgatókönyvnek megfelelően vettük figyelembe a bioszféra modellhez való illeszkedés céljából 240 éves transzport időt alkalmazva. A nemzetközi gyakorlatban szokásos megközelítéssel élve a telephely jogi határánál szintén feltételeztünk egy lokális vízfelhasználásra szolgáló és a maximális koncentráció irányába eső kútat.

A forráserősségeket és a különböző helyeken kialakuló koncentrációkat összehasonlítva megállapítható, hogy az alternatív fejlődéstörténeti forgatókönyv esetén is az aktivitáskészlet rövid felezési idejű (100 évet nem meghaladó felezési idejű) komponensei közül csak a nem kötődő trícium jut el a telítetlen zónán keresztül a talajvízig. A cellákon belüli és a telítetlen zónában megvalósuló szorpció a ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb és ^{238}Pu izotópok esetén tökéletes védelmet nyújt a hosszútávú környezetbiztonság szempontjából.



10.14. ábra. Várható dózisértékek (D), amelyek a Szilágyi-patak környezetében feltételezeten megjelenő kritikus csoport felnőtt tagjait érhetik normál fejlődéstörténet esetén

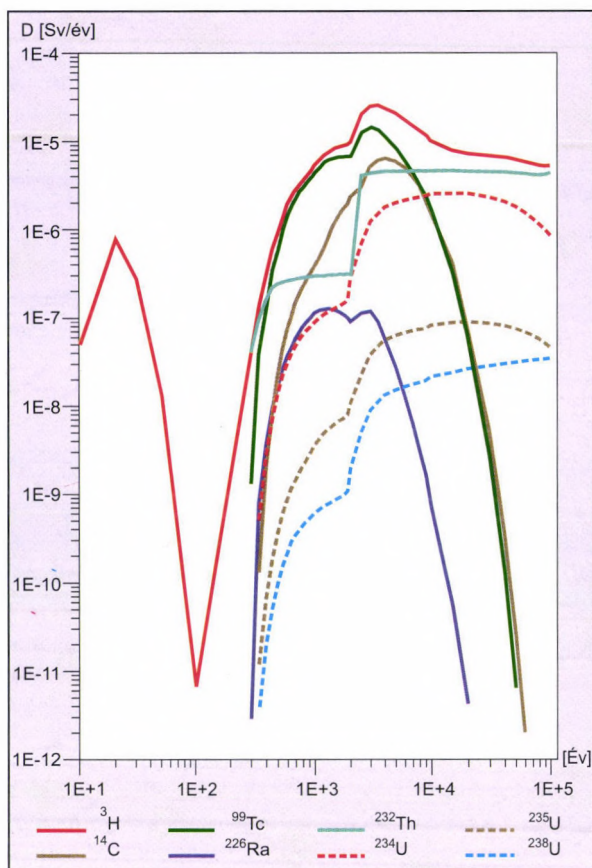
jelenlegi jogi határa mellett elhelyezkedő – jelenleg nem létező – kútból származó vizet használnak a bioszféra modell vonatkozó komponenseinek megfelelően. Az így kapott eredményeket a 10.17. ábrán mutatjuk be. A maximális dózisek 1–2 mSv/év értékűek, s alapvetően a ^{14}C -től származnak. A sokkal kisebb bizonytalansággal terhelt U, Th és Ra adatok csak 10–20 mSv/év csúcscózt adnak. A rövidebb terjedési útvonal hatása itt is érezhető, hiszen 300–400 év elteltével már megjelennek a maximumok. A lezárást követő 500–600 év elteltével a csecsemő dózisek megközelítik és elérik a 1–2,5 mSv/év értékét, alapvetően a ^{14}C járulékából.

10.3.7.3. Az erózió és a rétegcuszás hatásai

A forгатókönyvek meghatározásánál szereplő megfontolások szerint külön kellene vizsgálnunk a lezárt létesítmény hosszútávú viselkedését az erózió szempontjából. Figyelembe véve a biztonsági értékelésben feltételezett kb. 4 m vastagságú földtakarás meglétét és a

Az ismertetett bioszféra modelleknek megfelelően a Szilágyi-patak környezetében lévő és feltételezett kritikus csoport felnőtt és csecsemő korú egyedeire képeztük a várható dóziseket. A kritikus csoport felnőttjeire vonatkozó eredmények a 10.16. ábrán szerepelnek. Az ábrából megállapítható, hogy a lezárást követő 1000 év elteltével az egyéni dózisek megközelítik az 1 mSv/év értéket alapvetően a halfogyasztáson keresztül megvalósuló ^{14}C dózis miatt. Valamennyi egyéb komponens a 10 mSv/év alatt marad, s a Th és U dózisek is 1 mSv/év értékűek. A csecsemőkre vonatkozó dóziseknél – az alapvetően magasabb dóziskonverziós tényezők és az eltérő táplálkozási szokások miatt – csak 100 mSv/év maximális dózis észlelhető, s a halfogyasztás hiányától függetlenül ebben is a ^{14}C a meghatározó komponens.

A dózisszámításokat elvégeztük arra az esetre is, ha a kritikus csoport egyedei csak és kizárólag a telephely



10.15. ábra. Várható dózisértékek (D), amelyek a kritikus csoport felnőtt tagjait érhetik a feltételezett kút használatát követően, normál fejlődéstörténet esetén

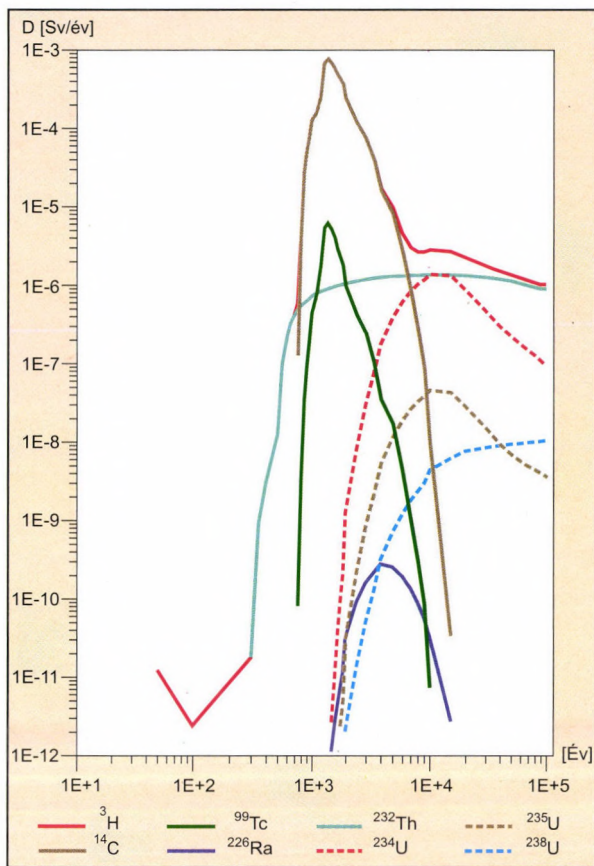
püspökszilágyi domboldalra elkészült eróziós modellezési eredményeket egy ilyen vastagságú földtakarás eróziós lepusztulása kb. 2000–4000 évet venne igénybe. Ez a becslés önmagában már konzervatív eróziósebesség értékekre épül.

A szándékolatlan emberi behatolás forgatókönyvének részeként egy azonos részesetet is vizsgálunk, így önálló értékelést az erózió hatásaira nem kell készíteni. A másik lehetséges sérülési mechanizmus a Szilágyi-patak felé eső domboldal megcsúszása jelentős szeizmikus terhelés hatására.

A 0,21 g horizontális gyorsulást meghaladó földrengés bekövetkezésekor fennáll a veszélye annak, hogy a lejtő a-patak irányába megcsúszik. Egy ilyen esemény bekövetkezése csak kockázati (valószínűségi) alapon értékelhető. Közvetlen hatása a tároló létesítményre a telített zónán belüli transzport útvonal lerövidítése.

10.3.7.4. Szándékolatlan emberi behatolás

A lezárt létesítmény – szándékaink szerint – hosszú ideig bolygatatlan kell, hogy maradjon, ezért a lezárást követő kezdeti időszakban egy 100 év hosszúságúnak feltételezett aktív intézményes ellenőrzési szakasszal számolhatunk, amit egy időben meghatározatlan tartamú passzív intézményes ellenőrzés követ. A felszíni hulladék elhelyezési létesítményeknél az aktív intézményes ellenőrzés rendeltetése, hogy az elhelyezési rendszer felszínről elérhető részeit megfelelő karbantartással megóvjuk a károsító természeti folyamatoktól, sérülésük esetén gondoskodjunk a javításról és a telephelyet körülvevő kerítés fenntartásával, a felszíni vízelvezetési rendszer karbantartásával, a mélygyökerű növények elszaporodásának megakadályozásával megvédjük az elhelyezett hulladékot a természeti és emberi eredetű behatolástól. Ebben az időszakban a környezet ellenőrző rendszer üzemeltetésével képet kaphatunk arról, hogy a hulladék elhelyezés megkívánt izolációja megfelelő mértékben biztosított.



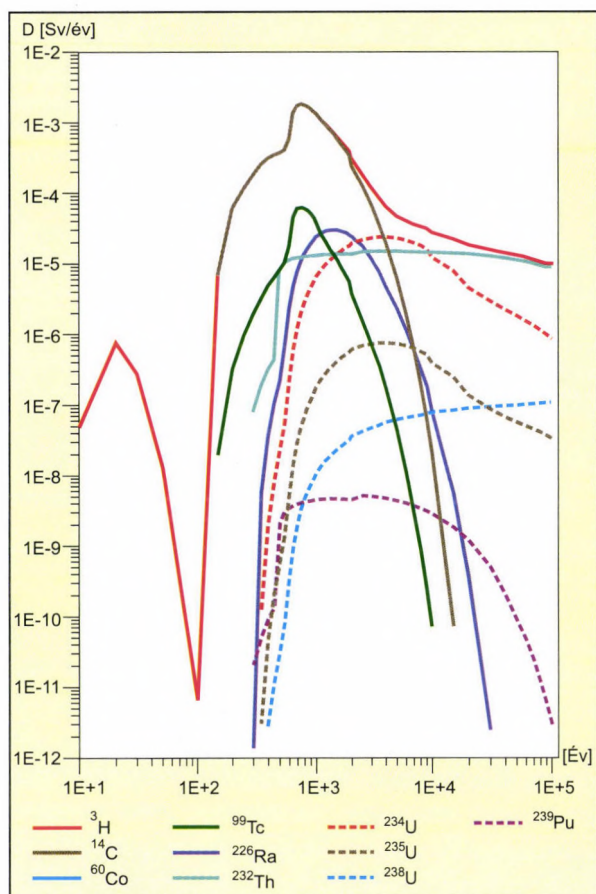
10.16. ábra. Várható dózisértékek (D), amelyek a kritikus csoport felnőtt

nyilatkozni. A szakértők általában egyetértenek azzal, hogy egy passzív intézményes ellenőrzési szakasz – ami még mindig meggátolja a terület olyan hasznosítását, ami a hulladékokat is érintené – kb. 200–300 év minimális hosszúságú. Ezt követően figyelembe kell venni, hogy a megfelelő ismeretek és adatok hiányában a területet akár lakókörnyezetként, akár intenzív mezőgazdasági művelésre szolgáló birtokként olyan személyek hasznosítják, akik nincsenek tisztában az ott elhelyezett hulladék maradványokból származó veszélyekkel. Ezt nevezük szándékolatlan emberi behatolásnak.

Az ilyen behatolást a nemzetközi gyakorlat szerint általában abból a feltételezésből kiindulva értékelik, hogy a területen hazai fogalmak szerinti családi házas, aktív kertműveléssel és állattartással jellemezhető tevékenység fog folyni. Az építés során az épületek alapjának kiásásakor 3–4 m mélységű – a pinceszintet befogadó – alapgyűrű kimunkálásával kell számolnunk, s a kiemelt anyag, valamint a környezet olyan tereprendezésével, ami a földtakarás maradványát és a kiemelt hulladékot elkeveri, szétteríti a telken. Az építés hatásaival az útépitési forgatókönyvön belül foglalkozunk. Az ingatlanba beköltöző család az alábbi besugárzási útvonalakon keresztül kaphat sugárterhelést:

Az aktív intézményes ellenőrzést követően mindazokat a tevékenységeket, amelyek a telephely fenntartásával, karbantartásával és ellenőrzésével kapcsolatosak, be fogják szüntetni és a területet korlátozott egyéb hasznosításra vissza fogják adni. Minderre megfelelő hatósági engedélyek birtokában kerülhet csak sor.

Az aktív intézményes ellenőrzés megszüntetése még nem jelenti automatikusan a terület korlátozásmentes, szabad hasznosítását. A létesítményre, annak veszélyességére, az elhelyezett izotópokra és aktivitásra vonatkozó információk célszerűen fennmaradnak mind a hazai, mind a nemzetközi adatbázisokban, s a korábbi földhasználatot tükröző földhivatali bejegyzések is bárki számára elérhetőek lesznek. A levéltári anyagok és földhivatali nyilvántartások lehetséges élettartamáról ma csak szakértői becslések alapján lehet



10.17. ábra. Várható dózisértékek (D), amelyek a kritikus csoport felnőtt tagjait érhetik a feltételezett kút használatát követően, alternatív fejlődéstörténet esetén

örzés becsült végpontját (tehát a lezárást követő 400–500 évet) feltételezni. Ha erre az időpontra a tároló létevel és jellemzőivel kapcsolatos információk már feledésbe merültek, nem lehet kizárni a szándékolatlan behatolást, de a viszonylag kis volumenű építési tevékenység során a behatoló szembesül azzal a ténnyel, hogy a felszín alatt létező vasbeton szerkezetek még viszonylag épek, s a megfelelő talajkörnyezet kialakítása inkább további feltöltést igényelne, mint a terület egyengetését és a betonszerkezetek, cementezett hulladékok tartalmazó blokkok kitermelését és ipari hulladéklerakón történő ártalmatlanítását. Egy ilyen megközelítés során a térkitöltés nélküli „A” és „C” típusú tárolócellák aktivitástartalmának részleges diszperziójával kell csak számolnunk, amelyben a rövid élettartamú komponensek átlagos koncentrációja már megközelíti a jelenleg érvényes felmentési értéket (a koncentrált aktivitást tartalmazó zárt sugárforrásokkal az útépitési forgatókönyvön belül foglalkozunk).

A klasszikus szándékolatlan behatolási forgatókönyvet a létesítmény lezárását követő 2000. évtől kezdődően tudjuk alkalmazni, mivel várhatóan addigra a vasbeton szerkezetek

– a tereprendezés után kialakuló felszíntől eredő külső sugárzás,

– a felszínen lévő talaj finomfrakciójának reszuszpenzióját követő inhalációs és lenyelésből származó belső sugárterhelés,

– a gáz halmazállapotú radioaktív izotópok felszabadulása és diffúziója a lakóépületeken belül (elsősorban a pincszinten),

– a kialakított telken ásvány vagy fűtő kút létesítése és a kitermelt víz teljes körű (ivás, főzés, öntözés, az állatok itatása stb.) hasznosítása,

– saját fogyasztásra és eladásra élelmiszerek (zöldség, gyümölcs) termelése, étkezési vagy takarmányozási célból gabonafélék és fű termelése,

– a felszín lassú (kevesebb, mint 1 mm/év) eróziója a közeli-patakok vagy tó felé és a tó haltermelésre való hasznosítása.

A szándékolatlan emberi behatolás időpontjára kettes feltételezéssel élhetünk. Első ránézésre logikus lenne, ha passzív intézményes ellen-

állékonyágukat már elvesztették, s a beton, valamint a cement kilúgozódása is érzékelhető már. Ekkor is fel kell tételeznünk a mezőgazdasági művelésre szolgáló talajrészek olyanként való kialakítását, amikor a tárolóból felszínre kerülő homokos-kavicsos, cementköves anyagot friss termőtalajjal keverik, s ezt követően egyengetik el (elemzéseinkben a kitermelt talaj feles hígításával számoltunk). Valószínűleg az aktivitás számottevő része továbbra is a degradálódó betonhoz vagy cementkőhöz kötődik, ennek hatásával azonban a modellezés során nem számoltunk.

Az elemzéseket a bioszféra jellemzők között ismertetett helyi táplálkozási és termelési szokásoknak megfelelően választottuk meg, az aktivitás környezeti viselkedésének modellezésekor a telephely-specifikus szorpciós adatokkal számoltunk. Feltételezéseink szerint a területen fennmarad a ma is érvényes állapot, amely szerint a talajvíz mélyen, a felszín alatt 18–20 m-re helyezkedik el. A kialakításra kerülő gazdaság teljes mértékben önellátó, mind az ivóvizet, mind az alapvető élelmiszereket helyben termeli meg, s csak a felesleget értékesíti. Az állattartás a területen termelt takarmány és fű (széna) felhasználásával valósul meg, s a halfogyasztás közvetlen forrása a Szilágyi-patakon folyásirányban elhelyezkedő horgásztó. A 10.5. táblázatban összefoglaljuk a talajvízzel megvalósuló terjedési útvonalakra kapott izotóponkénti eredményeket.

10.5. táblázat. A talajvízbe került aktivitástól származó dózisok

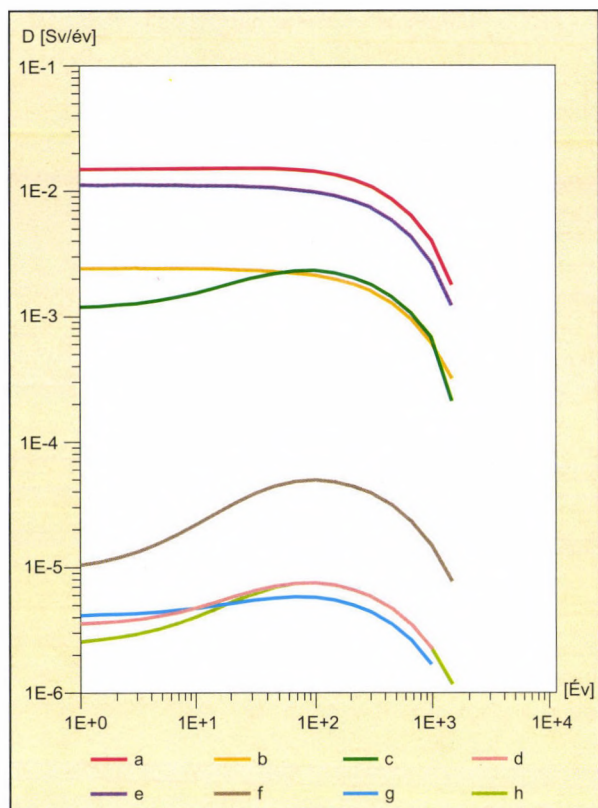
Izotóp	Maximális dózis, Sv/év
²⁴¹ Am	1,8E-6
¹⁴ C	2,6E-4
²³⁹ Pu	2,0E-9
⁹⁹ Tc	1,7E-4
²³⁴ U	8,6E-5
²³⁵ U	5,9E-5
²³⁸ U	2,2E-4

A maximális dóziseredményekből látható, hogy a talajvízzel megvalósuló terjedési folyamatok a szándékolatlan emberi behatolás forgatókönyvénel nem okoznak jelentős dózissokat. Ennek oka alapvetően a talajvíz felszíntől való jelentős mélysége, ill. a telítetlen zónában megvalósuló jelentős szorpció. A talajvíztől független besugárzási útvonalra kapott izotóponkénti eredményeket a 10.6. táblázatban foglaljuk össze.

10.6. táblázat. A talajvíztől független terjedési útvonalak által meghatározott dózisok

Izotóp	Maximális dózis, Sv/év
²⁴¹ Am	4,80E-4
¹⁴ C	1,30E-3
²³⁹ Pu	1,92E-4
⁹⁹ Tc	2,10E-3
²²⁶ Ra	1,50E-2
²³² Th	1,80E-2
²³⁴ U	3,00E-4
²³⁵ U	4,10E-6
²³⁸ U	1,03E-4

A maximális dóziseredményekből látható, hogy a talajvíztől független terjedési folyamatok dominálnak a szándékolatlan emberi behatolás forgatókönyvénel. Ennek oka alap-



10.18. ábra. A talajvíztől független terjedésből eredő dózisértékek (D) meghatározó komponensei rádiumizotóp (^{226}Ra) esetén. – a = együtt; b = külső besugárzás; c = növény; d = hús; e = radon; f = talajfogyasztás; g = tej; h = inhaláció

szennyezett talajtól eredő külső sugárzás is. A ^{232}Th dózisének meghatározója a szennyezett talajtól eredő külső sugárzás (az egyes izotópokra vonatkozó számítási eredmények a leányelemek felhalmozódásával kapcsolatos komponenseket is tartalmaznak). Emellett a növényekkel történő aktivitás felvétel, és az inhalációs dózisterhelés. Az összegzett dózis maximális értéke ebben az esetben is meghaladja a lakossági dóziskorlátot.

10.3.7.5. Útépítés

A forgatókönyv elemzése során azt feltételeztük, hogy a térség fejlődésével összhangban, az intézményes ellenőrzés után olyan mértékű útépítésre kerül sor, amely a radioaktív hulladéklerakót tartalmazó dombhátat 6–8 m mélységben keresztirányban átvágja, így a hulladékok megmaradt aktivitás-tartalma az építómunkásokat az inhalációs besugárzási útvonalon terheli.

Az elemzések során a szükséges földmunkák mennyiségét figyelembe véve 10 olyan munkanap időráfordítással számolunk, amikor a porterhelés jelentős. A munkások így napi 8

vetően a talajon megvalósuló szorpció. Az ^{241}Am által a talajvíztől független terjedéséből eredő dózis meghatározó komponense a porterhelés belégzésével létrejövő inhalációs dózisterhelés, valamint a növényekkel történő aktivitás felvétel. A ^{14}C esetén abszolút meghatározó a növényekkel történő aktivitás felvétel. A ^{239}Pu felvételénél legjelentősebb a porterhelés belégzésével létrejövő inhalációs dózisterhelés, valamint a növényekkel történő aktivitás felvétel. Emellett érzékelhető szerephez jut a szennyezett talaj „fogyasztásából” eredő belső dózis terhelés is. A 10.18. ábra mutatja a ^{226}Ra által a talajvíztől független terjedéséből eredő dózis meghatározó komponenseit. A legjelentősebb a ^{222}Rn -tól eredő dózis, amelynek 11,2 mSv/év értékű maximuma jelentősen meghaladja a lakosságra vonatkozó dóziskorlát értékét. Számottevő hányadot képvisel ezen kívül a növényekkel történő aktivitás felvétel, és a

órán keresztül 1 mg/m³ port lélegeznek be, 1,2 m³/h légzési sebességgel. Az inhalációs dózisterhelést a 10.7. táblázat tartalmazza az útéptítés feltételezett lezárást követő időpontjának függvényében.

10.7. táblázat. Inhalációs dózisok az útéptítés során

Izotóp	²²⁶ Ra	²³² Th	²³⁴ U	²³⁸ U	²³⁹ Pu	²⁴¹ Am	Összesen μSv
Felezési idő, év	1,60E+03	1,40E+10	2,44E+05	4,47E+09	2,41E+04	4,32E+02	
500	5,20E-01	4,22E+00	1,47E-02	3,62E-02	2,83E+00	2,48E+00	1,01E+01
1000	1,34E+00	4,22E+00	1,54E-02	3,63E-02	2,79E+00	6,36E+01	7,20E+01
1500	1,51E+00	4,22E+00	1,61E-02	3,64E-02	2,76E+00	5,37E+01	6,22E+01
2000	1,22E+00	4,22E+00	1,61E-02	3,64E-02	2,72E+00	2,41E+01	3,23E+01

Ezek az értékek a lakosságra megadott dózismegszorításon belül vannak, így nem jelentenek korlátozást az elhelyezhető hulladékok aktivitás-koncentrációja szempontjából. A nagyobb méretű földmunka általában nemcsak inhalációs, de a lenyelésből fakadó belső dózisterheléssel is jár.

A szakirodalmi ajánlásoknak megfelelően 10 mg/nap porfelvételt tételeztünk fel e komponens hatásainak értékeléséhez. A belső dózisterhelés jelentős mértékben az ²⁴¹Am-től függ, egyéb komponensei a hosszú felezési idő miatt alig változnak az útéptítés időpontjának függvényében.

A zárt sugárforrások sérülése – külső emberi behatás hiányában – csak rendkívül lassan, a burkolatok korróziós sérülésével történhet, így válhatnak tömörtelenné. Így, ha az elemzésben a szándékolatlan behatolót érő dózisterhelést szeretnénk vizsgálni, azt kell feltételeznünk, hogy a sugárforrás egészben kerül – pl. útéptítés során – a szándékolatlan behatolóhoz. Ekkor a ²²⁶Ra források lesznek a meghatározók erős g-sugárzásuk miatt. A maximális dózisteljesítményt az alábbi forgatókönyvvel becsülhetjük:

Tevékenység:

1. A forrás letisztogatása az építési törmeléktől
Időtartam: 10–15 perc; Forrástávolság: 0,5 m; Dózis: 0,45 mSv
2. A forrás hazaszállítása
Időtartam: 1 óra; Forrástávolság: 1,0 m; Dózis: 0,45 mSv
3. A forrás történeti emlékként való kiállítása a lakásban, esetenkénti vizsgálata
Időtartam: 200 óra; Forrástávolság: 2,0 m; Dózis: 0,45 22,7 mSv

A fenti adatok 1 db sugárforrás (64 mCi) ²²⁶Ra fellelésének következményét jellemzik, az elhelyezést követő 2000. évben. Látható, hogy a dózismegszorítást még a 3. tevékenység figyelmen kívül hagyásával is jelentősen meghaladjuk.

Súlyosabb következményekhez vezethet a nagy aktivitású Cs források valamelyikének megtalálása és kíváncsiságból történő felnyitása. A ¹³⁷Cs izotóp ezekben a forrásokban általában só, vagy por formában van jelen, ami a forrás felnyitásokor jelentős területen okozhat környezetszennyezést is, ill. a közvetlenül érintett személyek akár a halálos dózist is megkaphatják (lásd a Goiana-i baleset példáját).

A nagy aktivitású Cs források fellelése és fel nem ismerése az egyetlen jelentős eltérés a 2000. év után bekövetkező, ill. az 500–1200 év között bekövetkező szándékolatlan emberi behatolás eredményei között.

10.3.8. Érzékenység-vizsgálat

A hosszú távú környezeti biztonság szempontjából meghatározó tényezőknek tekintjük a tárolt aktivitás készlet komponenseit, a hulladékformát, a tároló létesítményekbe bekerülő nedvesség fluxust és a létesítményen belüli szorpciós folyamatokat. A külső környezet paramétereit közül a talajvízzel történő transzport idejét és az ezt jelentősen befolyásoló szorpciót kell említenünk.

Az aktivitás készlet biztonsági elemzésben figyelembe vett értékei jelentős felülbecslést tartalmaznak. Ennek az az oka, hogy a püspökszilágyi RHFT nyilvántartásában az egyegy szállítmányon belüli különböző izotópok közül csak a legnagyobb fajlagos aktivitással rendelkező első hármat szerepeltetik. Az aktivitás készlet meghatározásánál ezért a konzervativizmus érdekében úgy jártunk el mintha a teljes beszállított aktivitás valamennyi feltüntetett izotóphoz hozzá lenne rendelve. Ez a két izotópot tartalmazó szállítmányoknál durván kétszeres felülbecslést, míg a három vagy több izotópot tartalmazó szállítmányoknál legalább háromszoros felülbecslést eredményez (10.1. kép.).

A nyilvántartás megbízhatónak minősíthető abból a szempontból, hogy a legnagyobb aktivitású izotóp szerepel a listák első helyén. Az aktivitáskészlet maximális és minimális értékeket összehasonlítva megállapítható, hogy jelentős numerikus bizonytalanság terheli a ^{14}C aktivitáskészletét (200%) és az ^{234}U aktivitáskészletét (108%). Nem jelentős, de érzékelhető bizonytalanságokkal terhelt a ^{90}Sr , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{232}Th és a ^{239}Pu aktivitáskészlete. Ezek az eredmények azért jelentősek, mert a talajvízzel történő terjedés forgatókönyveiben a ^{14}C , ^{99}Tc és az ^{234}U is a meghatározó izotópok között szerepelnek.



10.1. kép. A hulladéktárolás szabályszerűségének ellenőrzése a NAÜ szakembereinek jelenlétében

A beszívárgással és a különböző hulladékformák kioldódással szembeni ellenálló képességével kapcsolatos megfontolásokat a legjobb tudásunk szerint az értékelési módszertanba és az alapadatok közé beépítettük. Az elemzések során azt a konzervatív megközelítést használtuk, hogy az arra érzékeny hulladékformákból az aktivitás kikerülés gyakorlatilag a lezárással egyidőben már megindul, míg a valóságban a vízszigetelés és a csomagolóanyag tönkremenetele 30–120 évet is igénybe vehet. A cementezett hulladékformák és a teljesen cement térkitöltéssel ellátott elhelyezési létesítmények jelentősen gátolják és késleltetik az aktivitás kikerülését.

A külső környezeten belül meghatározónak tekintett szorpciós folyamatok hatásainak értékelése érdekében paraméter-érzékenységvizsgálatot végeztünk a jelentős dóziszjáruléku ^{14}C és ^{99}Tc izotópokra. Ezek normál (mért) megoszlási tényezői a Püspökszilágy környéki talajmintákon az alábbiak: ^{99}Tc esetén $0,004 \text{ m}^3/\text{kg}$, ^{14}C esetén $0,03 \text{ m}^3/\text{kg}$. A megoszlási tényező értékét ^{14}C esetén $0,005 \text{ m}^3/\text{kg}$ és $0,1 \text{ m}^3/\text{kg}$ között változtattuk, s vizsgáltuk a Szilágyipatak környezetében a normál fejlődéstörténeti forgatókönyv szerint várható koncentráció alakulást. Megállapítható, hogy a normál értékhez képest – ami viszonylag magas megkötődési hányadot jelent – az eltérések majd egy nagyságrenddel csökkentik, ill. növelik a kialakuló maximális koncentráció értékét.

Kevésbé jelentős a maximális koncentráció beérkezési idejének módosulása, sőt a szorpció fokának növelésével ezen időpont korábbra tolódását is észlelni lehet (az időközben bekövetkező bomlás korrekció miatt). A ^{99}Tc esetén a megoszlási tényezőt $0,0001$ és $0,01 \text{ m}^3/\text{kg}$ között változtattuk. A Tc szorpciója gyakorlatilag nem tekinthető jelentősnek. Ennek megfelelően a maximális koncentráció érték a paraméterváltozás esetén gyakorlatilag egy kettes faktoron belül változik csak, de itt a hosszú felezési idő miatt észlelhető a csekély mértékű szorpció által biztosított késleltetés növekedés.

A püspökszilágyi RHFT eddigi vizsgálatai során jelentős nézetkülönbség volt a szakemberek között a geológiai környezet által biztosított transzportidő és késleltetés vonatkozásában. A legpesszimistább vélemények szerint 50–70 év transzportidővel, míg egyes optimista szakértők véleménye szerint akár több ezer éves transzportidővel is számolhatunk. A biztonsági elemzéshez kapcsolódó vizsgálatok a transzportidőt 100 és 400 év között határozták meg, felosztva ezt az időtartamot kb. 20%-ban a telítetlen zónán belüli leszívárgási időre és 80%-ban a telített zónában végbemenő transzportra. Ennek megfelelően a ^{14}C és ^{99}Tc izotópok esetén a transzportidőt 100 és 400 év között változtattuk a normál fejlődéstörténeti forgatókönyv feltevéleit alkalmazva. Az eredmények összehasonlításából megállapítható, hogy a négyszeres transzportidő növekedés a maximális koncentráció negyvened részére való csökkenését eredményezi, így a koncentráció és dózisadatok csekély mértékben függenek csak a transzportidő aktuális értékétől. A ^{99}Tc esetén a fent említett kapcsolat még inkább elhanyagolható, hiszen a maximális koncentrációk csökkenése alig haladja meg az 50%-ot.

10.4. Az eredmények értékelése és a lehetséges/szükséges beavatkozásokra vonatkozó javaslatok

Az RHFT alapfeladata az ún. intézményi (orvosi, kutatási, ipari és mezőgazdasági alkalmazásból származó) hulladékok átvétele, megfelelő kezelése és elhelyezése volt. A létesítmény üzemeltetésének eddigi 25 éve alatt majd 5000 m^3 tárolókapacitást töltöttek meg radioaktív hulladékokkal, s a létesítmény üzemeltetése a hatósági előírásoknak és követelményeknek megfelelően biztonságos volt.

A létesítmény telepítése, tervezése és építése az 1960-as évek közepén kidolgozott nemzetközi ajánlások alapján történt, amelyeket időközben kétszer is ártértékelték és átdolgoztak. A létesítmény üzembe helyezésekor érvényes hazai szabályozás pl. 1,65 mSv/év általános lakossági dóziskorlátot írt elő, amit a 7/1988 SZEM rendelet 0,25 mSv/év dózismegszorításra változtattott, s jelenleg tervezeti szinten 0,1 mSv/év dózismegszorítás érvényesítése a cél új létesítmények esetén.

A telephelyre átfogó biztonsági értékelés nem készült sem az üzembe helyezés, sem az 1980-as évek végén megvalósított részleges kapacitásbővítés engedélyezésekor, s az engedélyokmányok egyike sem rögzítette a hulladék-átvételi követelményeket, vagy egyéb korlátozásokat az elhelyezhető hulladékok fajtájára és mennyiségére. Az elvégzett biztonsági elemzés eredményei és a további teendőkre vonatkozó javaslatok az alábbiak szerint lettek összefoglalva.

10.4.1. Az elhelyezett hulladékok és a mesterséges korlátok

A biztonsági elemzés készítése során komoly problémát jelentett az egyes izotópok kémiai formájának tisztázása. Jelentős mértékben ezek az adatok csak szakértői becslésekre épülnek, pontosításukat – alapvetően a zárt sugárforrások, vagy a nagyaktivitású egyedi beszállítások esetén – feltétlenül szükségesnek tartjuk a forráserősség megbízhatóbb modellezéséhez. Ezzel párhuzamosan a jelenlegi konzervatív aktivitáskészlet meghatározását is el kell végezni, s ezzel a várható dóziskövetkezmények pontosíthatók.

Az elhelyezésre szolgáló létesítmények adatai tervszinten ismertek. Az elmúlt negyed században bekövetkezett állagromlásra jelenleg csak egyetlen mintavételi esetből tudunk következtetni, s az sem épült statisztikusan értékelhető mintaszámra.

Az elhelyezésre szolgáló „A” típusú cellák forráserősség-vizsgálata egyértelműen kimutatta, hogy a térkitöltéssel rendelkező cellák esetén – a cementes környezet kémiai puffert hatása és a beszivárgás csökkenése miatt – sokkal alacsonyabb környezeti kikerülés értékek prognosztizálhatók, mint a térkitöltés nélküli cellákban. A létesítmény egyes részeinek vagy egészének lezárása során ezért cementes vagy agyagos belső térkitöltés alkalmazását kell javasolni. A tárolócellák prognosztizált tönkremenetele során jelentős beszivárgás-növelő tényező a földem panelek beroppanását követően kialakuló kráterképződés. Jelenleg még a térkitöltéssel rendelkező cellák esetén is 50–60 cm magasságú üreg létezik a betonfelszín és a földémpanelek között. Ezt kitöltve a kráterképződést el lehet kerülni.

Az elhelyezett hulladékok műanyagzsákos csomagolása vagy csomagolás nélküli lerakása vezet az aktivitás legkorábbi mobilizálódásához. A műanyagzsákos csomagolás mikrobiológiai lebomlási folyamata ugyan jelentős bizonytalansággal terhelt abban az értelemben, hogy az mikor indul be és mennyi idő alatt válik teljessé, de ez az előző megállapítást nem befolyásolja minőségileg. A jelenlegi nemzetközi gyakorlatban csak konténeres vagy hordós hulladék-elhelyezéssel találkozunk, s a hordók tartalma általában tömörített. Ennek oka a lebomlás során képződő üregek térfogatának minimalizálása, így hasonló gyakorlat (esetleg a térbelileg sokkal nagyobb stabilitást biztosító szuperkompaktálás alkalmazása) a püspökszilágyi RHFT esetében is indokolt.

10.4.2. Az üzemviteli fázis biztonsága

A biztonsági elemzésben részletesen vizsgáltuk a tároló létesítmény normál üzemeltetésével és az üzemeltetés során feltételezhető üzemzavari-baleseti helyzetekkel kapcsolatos

kérdéseket. A biztonsági elemzés eredményei alapján rögzíthető, hogy az üzemvitel a jelenlegi beszállítási gyakoriságok és aktivitásszintek esetén biztonsággal folytatható, a maximális környezeti kibocsátáshoz vezető tüzesetek esetén sem várható a lakossági dóziskorlát túllépése, bár ebben az esetben az üzemeltetők védelméről külön utasítással kell gondoskodni.

10.4.3. A hosszú távú viselkedést meghatározó tervezett megoldások

A létesítmény további sorsa és tevékenysége a jelen biztonsági elemzés alapján levonható intézkedésektől és azok hatósági jóváhagyásától függ. A telephely lezárására csak engedélyezett lezárási terv alapján kerülhet sor, amelyben részletesen foglalkozni kell a jelenlegi tárolócellák felett kialakítandó végleges földtakarás kérdésével. A biztonsági elemzésben feltételezett 3–4 m vastagságú rétegzett földtakarás megfelelő tervezés és kivitelezés esetén jelentős mértékben járulhat hozzá a kezdeti néhány száz – 1–2 ezer év során a hosszú távú környezetbiztonság szavatolásához. Tervezési célkitűzésként kell rögzíteni azt a nyugat-európai országokban elfogadott követelményt, hogy a végleges földtakaráson keresztüli átszivárgás az 1–2 mm/év értéket ne haladja meg, s az hosszabb távon fennmaradjon.

10.4.4. A hosszú távú környezetbiztonság értékelése

Az elvégzett biztonsági elemzés részletesen vizsgálta a tárolókból kikerülő aktivitástartalom környezeti viselkedését, alapvetően a telephelyvizsgálatok azon megállapításaira építve, hogy a preferenciális szivárgási útvonal a telephelytől a Szilágyi-patak felé vezet, így a talajvízzel történő terjedés a domináns útvonal. Az eredmények azt mutatják, hogy a-patak környezetében feltételezett kritikus csoport felnőtt egyedei 1 mSv/év többlet dózist kaphatnak csak, s ez az érték is csak 1000 év elteltével jelentkezik. A kritikus csoport feltételezett csecsemő tagjai ennél nagyobb, a 10 mSv/év körüli értékkel jellemezhetők. Mindkét érték a jelenleg szándékozott lakossági dózismegszorítás (100 mSv/év) alatt marad jelentősen.

A telephely határa mellett jelenleg nem létezik víztermelésre vagy vízhasználatra szolgáló kút, de jogi értelemben nem lehet kizárni, hogy a környező területek tulajdonosai a jogi határon kívül ásott vagy fűrt kutat létesítsenek, amely a transzport útvonal rövidsége miatt felnőttekre 20 mSv/év, míg csecsemőkre 200 mSv/év dózist eredményeznek. A csecsemőkre vonatkozó érték túllépi a jelenleg tervezett dózismegszorítás értékét, de alatta marad a lakossági dóziskorlátnak. Az előzőekben említett kráterképződést követő intenzív beszivárgás és az eltömedékelés során elkövetett hibák feltételezésével a fent említett értékek egy nagyságrendes növekedésével kell számolni, s ebben az esetben a kritikus csoport tagjainak prognosztizált dózisa már a lakossági korlát felett lesznek.

A létesítmény hosszú távú környezet biztonsága szempontjából abszolút meghatározónak a szándékolatlan emberi behatolás során fellépő dózisok bizonyultak. A kritikus csoport felnőtt egyedei ebben az esetben 35 mSv/év dózist kapnának a lezárást követő 2000. év utáni behatolás esetén. Ez az érték jelentősen meghaladja a lakossági dóziskorlátot. Meghatározó izotópokként a ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{99}Tc és ^{238}U jelentkeznek a leányelemeikkel együtt. A jelenlegi nemzetközi ajánlások szerint ez az érték már indokolja azt, hogy a prognosztizált dózist csökkentő beavatkozások tervezésére kerüljön sor az optimalizálás alkalmazásával. Egy ilyen tevékenység indokoltságát a korábban követett elhelyezési gyakorlat miatt kell felvetnünk, mivel olyan mennyiségű hosszú élettartamú izotóp – jelentős mértékben zárt sugárforrás formájában – került a lerakott hulladékok közé, hogy a dóziskövetkezmények más mód-

szerrel nem csökkenthetők. Emiatt javasoljuk a meghatározó izotópok jelentős részét tartalmazó egyedi beszállítások lerakási helyének azonosítását, s a csomagok visszavételét és átmeneti tárolóba történő elhelyezését.

Amennyiben hatósági és tulajdonosi döntés születik a fent említett tevékenységre, célszerű azt összekapcsolni az előzőekben vázolt hulladék válogatási, újracsomagolási, jellemzési tevékenységgel, mivel így az elhelyezett hulladék stabilitását is növeljük, s jelentős tárolókapacitás szabadítható fel a létező térfogatokon belül. Ezzel sorbakapcsolt tevékenységként a negyedszázaddal ezelőtt épített szerkezetek állagát is vizsgálni lehetne s szükség esetén javító karbantartásra is sor kerülhetne.

10.4.5. Összefoglalás

Az RHFT jelenlegi üzemeltetése és a mesterséges létesítmények (vasbeton cellák, kutak) élettartama alatt a környezeti biztonság kielégítőnek minősíthető. A mesterséges korlátok tönkremenetelét követően azonban a várható dózisértékek a korlátokat oly mértékben haladják meg, ami a jelenlegi sugárvédelmi normák szerint nem tolerálható. Emiatt beavatkozással kell biztosítani az 1000 és 10 000 év közötti időszakban feltételezetten a telephely környezetében élő távolabbi generációk megfelelő sugárvédelmét. A beavatkozásra célszerű jelenleg felkészülni és azt a közeli jövőben végrehajtani, mivel a tevékenység során a hulladékformák épsége még fennáll és támaszkodni lehet a jelenlegi üzemeltetők emlékezetére.

IRODALOM

1990. évi népszámlálás. Pest megye adatai. – KSH, Bp. 1991.
- A Paksi Atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékai végleges tárolója létesítésének keretében műszaki és biztonsági előkészítő vizsgálatok. Felmérés a Bataapáti település környékén élő populáció halálózási (megbetegedési) viszonyairól. – OSSKI, Bp. 1998.
- ÁDÁM L. – PÉCSI M. 1985. Mértékgeomorfológiai térképezés. – MTA FKI, Bp. 189 p.
- ANDERSON, E.M. 1951. The dynamics of faulting and dyke formation. – Oliver and Boyd, Edinburgh, 206 p.
- BADA C. – HORVÁTH F. – TÓTH L. – TÁTH T. 2000. Radioaktív hulladékok elhelyezésének szeizmotektonikai problémái. – Földt. Közl. 130. 4. pp. 585–610.
- BADA, G. 1999. Cenozoic stress field evolution in the Pannonian Basin and surrounding orogens. Inferences from kinematic indicators and finite element stress modelling. – Doktori dolgozat. Vrije Universiteit, Amsterdam, Hollandia, 204 p.
- BADA, G. – FODOR, L. – SZÉKELY, B. – TIMAR, G. 1996. Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mts., N. Hungary. – Tectonophysics, 255. pp. 269–289.
- BAILER, J.C. – MOSTELLER, F. 1986. Medical uses of statistics. – Massachusetts Medical Society, 3. N.Y.
- BÁLDI, T. 1986. Mid-Tertiary stratigraphy and paleogeographic evolution of Hungary. – Akad. Kiadó, Bp. 201 p.
- BÁLDI T. 1998. Magyarország epikontinentális oligocén képződményeinek rétegtana. – In: BÉRCZI I. – JAMBOR Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. – MOL Rt. és MÁFI kiadv. Bp. pp. 419–435.
- BALLA Z. – SCHWEITZER F. – SZABÓ Z. – SZEIDOVITZ GY. 1993. Magyarország földrengésveszélyes övei. – MÁFI Földtani Adattár, Bp. 29 p.
- BARKER, D. J. P. – ROSE, G. 1990. Epidemiology in medical practice. – Churchill, Livingstone.
- BELUSZKY P. – SIKOS T.T. 1982. Magyarország falutípusai – MTA FKI, Bp. 182 p.
- BENCE, G. – CSÁSZAR, G. – DARIDA-TICHY, M. – DUDKO, A. – GÁLOS, M. – GANGL, G. – KERTÉSZ, P. – KÖRPÁS, L. – ZIER, C. 1991. Geologische und ingenieurgeologische Beschreibung der Donaufurche Nagymaros. – In: LOBITZER, H. – CSÁSZAR, G. (Hrg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, Teil I. pp. 385–400.
- BOHN, P. 1993. A püspökszilágyi RHFT mint potenciális szennyezőforrás földtani viszonyainak komplex vizsgálata és biztonsági értékelése. – MÁFI Földtani Adattár, Bp. 27 p.
- BORHIDI A. – SANTA A. (szerk.) 1999. Vörös Könyv Magyarország növénytakarásairól 1–2. – Természet BÚVÁR Alapítvány Kiadó, Bp. 766 p.
- BREZSNYÁNSZKY, K. – SIKHEGYI, F. 1987. Neotectonic interpretation of Hungarian lineaments in the light of satellite imagery. – Journal of Geodynamics, 8. pp. 193–203.
- CLARKE, K. C. – McLAFFERTY, S. L. – TEMPALSKI, B.J. 1996. On epidemiology and geographical information systems: A review and discussion of future directions. – Emerging Inf. Dis.
- CSANÁDY A. (szerk.) 1998. Hagyományos térségek megélhetési szerkezete – Bp.
- CSAPÓ M. J. 1958. Talajtan. – Földművelési Minisztérium, Bukarest, 623 p.
- CSONTOS, L. 1995. Tertiary tectonic evolution of the Intra-Carpathian area: a review. – Acta Vulcanologica, 7. pp. 1–13.
- DANK V. – FÜLÖP J. 1990. Magyarország szerkezetföldtani térképe, 1: 500 000. – MÁFI, Bp.
- DÁVID A. – TAKÁCS O. – TIRINGER Cs. 1990. A sugárzási egyenleg eloszlása Magyarországon az 1951–1980-as időszak adatai alapján. – OMSZ kisebb kiadv. 66. Bp. 94 p.
- Demográfiai évkönyvek 1976–1998. – KSH, Bp.
- DÖVÉNYI P. 1994. Geofizikai vizsgálatok a Pannon-medence litoszféra-fejlődésének megértéséhez. – Kandidátusi értekezés, MTA Bp. 127 p.
- DÖVÉNYI, P. – HORVÁTH, F. 1988. A review of temperature, thermal conductivity and heat flow data from the Pannonian Basin. – In: ROYDEN, L. H. – HORVÁTH, F. (eds.): The Pannonian Basin. – A study in Basin evolution. AAPG Memoir, 45. pp. 195–233.
- DÖVÉNYI P. – HORVÁTH F. – LENKEY L. – SZAFIÁN P. – ÉRKI I. – KOVÁCS A. – KOVÁCS A. – NÉ-ÍKRÉNYI K. 1992. Mélyhő-mérsékleti viszonyok Magyarországon (geotermikus tanulmány). – Geomega Kft., Bp.

- FEKETE G.–MOLNÁR ZS.–HORVÁTH F. (szerk.) 1997. A magyarországi élőhelyek leírása határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet–Magyar Természettudományi Múzeum, Bp. 374 p.
- FODOR, L. –CSONTOS, L. –BADA, G. –BENKOVICS, L. –GYÖRFI, I. 1999. Tertiary tectonic evolution of the Carpatho-Pannonian region: a new synthesis of paleostress data. – In: DURAND, B. –JOLIVET, L. –HORVÁTH, F. –SÉRANNE, M. (eds.): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. Geological Society of London Special Publications, 156. pp. 295–334.
- FODOR L. –MAGYARI Á. –FOGARASI A. –PALOTÁS K. 1994. Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. – Földt. Közl., 124. 2. pp. 129–305.
- GERNER P. 1994. Dél-dunántúli neotektonikai modellek a magyar földtani szakirodalom alapján. – Földt. Közl., 124. 3. pp. 381–402.
- GERNER, P. –BADA, G. –DÖVÉNYI, P. –MÜLLER, B. –ONCESCU, M.C. –CLOETINGH, S. –HORVÁTH, F. 1999. Recent tectonic stress and crustal deformation in and around the Pannonian Basin: data and models. – In: DURAND, B. –JOLIVET, L. –HORVÁTH, F. –SÉRANNE, M. (eds.): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. – Geological Society of London Special Publications, 156. pp. 269–294.
- HAAS J. –ÁRKAI P. –BALOGH K. –CSÁSZÁR G. –HÁMOR G. –KOVÁCS S. –VÖLGYI L. 1996. Magyarázó Magyarország földtani térképe a kainozóikum elhagyásával és Magyarország szerkezetföldtani térképe című térképlapokhoz. M = 1: 500 000 – MÁFI kiadv. Bp. 186 p.
- HAAS, J. –TARDI-FILÁČ, E. –ORAVECZ-SCHEFFER, A. –GÖCZÁN, F. 1997. Stratigraphy and sedimentology of an Upper Triassic toe-of-slope and Basin succession at Csővár North Hungary. – *Acta Geologica Hungarica*, 40. pp. 111–178.
- HÁMOR G. 1985. A nógrád-cserhádi kutatási terület földtani viszonyai. – *Geologica Hungarica*, ser. Geol. 22. 307 p.
- HÁMOR G. 1998. A magyarországi miocén rétegtana. – In: BÉRCZI I. –JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt. és MÁFI kiadv. Bp. pp. 437–452.
- HANSEN, K.M. –MOUNT, V.S. 1990. Smoothing and extrapolation of crustal stress orientation measurements. – *Journal of Geophysical Research*, 95. pp. 1155–1165.
- HAWKES, C. –MC MAHON, M. 1999. The MEDRUSH model-Version 4.0. Technical Description and User Guide. – University of Leeds, King's College, University of Sheffield, WRSRL University, Leeds. 82 p.
- HORVÁTH F. (szerk.) 1995. Flóra adatbázis 1–2. – MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót, 267 p.
- HORVÁTH, F. 1995. Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration. – *Marine and Petroleum Geology*, 12. pp. 837–844.
- HORVÁTH, F. –CLOETINGH, S. 1996. Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian Basin. – *Tectonophysics*, 266. pp. 287–300.
- JÁMBOR Á. 1993a. A magyarországi negyedidőszaki képződmények geológiájának vázlata és rétegtanuk. – Kézirat, MÁFI Földtani Adattár, Bp. 79 p.
- JÁMBOR Á. 1993b. Rövid magyarázó a pleisztocénben aktív magyarországi törésvonalak 1: 500 000 ma. térképéhez. – MÁFI Földtani Adattár Bp. 4 p.
- JÁMBOR Á. 2000. A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Tároló földtani környezetének jellemzése. – Kézirat, Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft. Bp.
- JÁMBOR Á. –BIHARI D. –CHIKÁN G. –FRANYÓ F. –KAISER M. –RADÓCZ GY. –SÍKHEGYI F. 1993. A pleisztocén során működött magyarországi törésvonalak bizonyító anyaga. – Kézirat, MÁFI, Bp. 42 p.
- JÁMBOR Á. –MOLDVAY L. –RÓNAI A. 1966a. Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához. L-34-II Budapest. – MÁFI, Bp. 358 p.
- JÁMBOR Á. –MOLDVAY L. –RÓNAI A. –SZENTES F. –WEIN, GY. (szerk.) 1966b. Magyarország földtani térképe, 1: 200 000. L-34-II Budapest. – MÁFI, Bp.
- JOÓ I. 1998. Magyarország függőleges irányú mozgásai. – *Geodézia és Kartográfia*, 19. pp. 28–40.
- KÁZMÉR, M. –MIKES, T. –SZÜCS, Z. –KROLOPP, E. –SÜMEGI, P. 2000. Faulting and liquefaction of Quaternary sediments (Jenő, Fejér county, Hungary). – In: CLOETINGH, S. –HORVÁTH, F. –BADA, G. –LANKREIJER, A. (eds.): *Neotectonics and seismicity of the Pannonian Basin and neighbouring orogens*. EGS Special Publ. Ser. Core Project, Final Report. pp. 681–741.
- KERTÉSZ, Á. et al. 1999. Application of the Medrush Modell to Gerje Catchment, Hungary. – *MEDALUS III*.
- KILÉNYI, É. –SEFARA, J. (eds.) 1989. Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary (scale: 1: 500 000). – ELGI, Bp.

- KOPÁCSVÖLGYI S.–BRAUN L.–PETROVICS I.–SZILÁGYI I.–VÉRTESY L. 1993. Jelentés a püspökszilágyi veszélyes hulladéktároló környékén végzett 1993. évi geofizikai mérésekről. – ELGI Adattár, Bp. 36 p.
- LACINA, J. 1993. The skeleton of landscape ecological stability. – Moravian Geographical Reports. 1. pp. 21–26.
- LÁNG S. 1967. A Cserhát természeti földrajza. – Akad. Kiadó, Bp. 361 p.
- LAVEE, H.–PARIENTE, S. 1999. Resilience of Soil Structure to Environmental Changes. – MEDALUS III. Core Project, Final Report. pp. 433–527.
- Magyarország Nemzeti Atlasza. – Cartographia–MTA FKI, 1989. Bp.
- MAROSI S.–SOMOGYI S. 1990. (szerk.) Magyarország kistájainak katasztere I–II. – MTA FKI, Bp. 985 p.
- MICIAN, L. 1988. Some Problems Concerning Conception of Landscape Ecology. – Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae Geographica 29. pp. 11–21.
- NEARING, M.A.–FOSTER, G.R.–LANE, L. J.–FINKNER, S.C. 1989. A process-based soil erosion model for USDA – Water Erosion Prediction Project Technology. – Transactions of the ASAE, Vol. 32, 5. pp. 1587–1593.
- NOSZKY J. 1940. A Cserhát-hegység földtani viszonyai. – Magyar Tájak Földtani Leírása. M. Kir. Földt. Int. Bp. 284. p.
- NOSZKY, J. 1940. A Cserhát hegység földtani viszonyai. – Magyar Tájak Földtani Leírása, III, 283 p.
- NOVÁK L. –KASZA S. (szerk.) 1998. Pest megye kézikönyve I–II. – CEBA Kiadó, Bp.
- PÉCSI M. 1959. A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása. – Akad. Kiadó, Bp. 342 p.
- PÉCSI M. 1971. Geomorfológia. – Tankönyvkiadó, Bp. 239 p.
- PÉCSI M. 1991. Geomorfológia és domborzatminősítés. – MTA FKI, Bp. 293 p.
- PÉCSI M. 1993. Negyedkor és löszkutató. – Akad. Kiadó, Bp. 375 p.
- PÉCSI, M. 1995. Amplitude of Quaternary movements in the Hungarian part of the Danube Valley. – Geophys. Trans. 8. pp. 73–83.
- PÉCSI, M.–SCHWEITZER, F.–SCHEUER, GY. 1984. Plio-Pleistocene tectonic movements and the travertine horizons in the Hungarian Mountains. Studia Geomorph. – Carpatho-Balcanica, 17. pp. 19–26.
- PEJA GY. 1932. Az Ecskendi-plató és környékének geomorfológiai viszonyai. – Földr. Közl. 56. Bp. pp. 97–114.
- Pest megye statisztikai évkönyvei, 1976–1998. – KSH Pest megyei Igazgatósága, Bp.
- POLLHAMMER M.–SZILÁRD J. (szerk.) 1968. Magyarország gravitációs térképe, M: 1: 200 000. I-34-II. Budapest. – ELGI, Bp.
- PRIESTLEY, C.H.B.–TAYLOR, R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. – Mon. Weather Rev. 100. pp. 81–92.
- RAJKAI K. 1988. A talajok víztartó képessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. – Agrokémia és Talajtan, 36–37. pp. 15–30.
- RAULS, W.J. 1983. Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content – Soil Science, 135. 2. pp. 123–125.
- RICHTER, G.–KERTÉSZ, Á.–MÁRKUS, B. 1995. Assessment of soil erosion in a small watershed covered by loess. – GeoJournal, 36. 2/3. pp. 285–288.
- RITCHIE, J.T. 1972. A model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. – Water Resour. Res. 8. pp. 1204–1213.
- ROYDEN, L. H.–HORVÁTH, F.–NAGYMAROSY, A.–STEGENA, L. 1983. Evolution of the Pannonian Basin System. 2. Subsidence and thermal history. – Tectonics, 2. pp. 91–137.
- SÁNDOR J. et al. 1999. Területi egyenlőtlenségek epidemiológiai elemzése. – Orvosi Hetilap 140. 1. pp. 29–36.
- SCHMIDT E. R. 1962. Vázlatok és tanulmányok Magyarország vízföldtani atlaszához. – Műszaki Kiadó, Bp. 655 p.
- SCHWAB, G.O.–FREVERT, R.K.–EDMINSTER, T.W.–BARNES, K.K. 1966. Soil and Water Conservation Engineering – 2nd ed. John Wiley, London.
- SCHWEITZER F.–TINER T. 1996. Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltételrendszere. – MTA FKI, Bp. 180 p.
- SÍKHEGYI F. 1992. Magyarázó Magyarország 500 000-es lineamentum térképéhez. – MÁFI Földtani Adattár, Bp.
- SÍKHEGYI F. 1993. Püspökszilágy környékének vizsgálata légi-és távérzékelési módszerekkel. – MÁFI Földtani Adattár, Bp. 5 p.
- SÍKHEGYI, F. 2000. Active structural evolution of the western and central parts of Pannonian Basin upon geomorphologic approach. – In: CLOETINGH, S.–HORVÁTH, F.–BADA, G.–LANKREIJER, A. (eds.): Neotectonics and seismicity of the Pannonian Basin and neighbouring orogens. EGS Special Publ. Ser.
- SIMON T. 1992. A magyarországi edényes flóra határozókönyve. – Tankönyvkiadó, Bp. 892 p.
- STEFANOVITS P. 1956. Magyarország talajai. – Akad. Kiadó, Bp. 246 p.

- STEFANOVITS P. 1992. Talajtan. – Mezőgazdasági Kiadó Bp. 380 p.
- SZALAI, Z.–HUSZÁR, T.–KERTÉSZ, Á. 2000. Application of the Medrush Model for a Hungarian Hilly Catchment. – International Symposium on Gully Erosion Under Global Change. Abstract Book. 126 p.
- SZENTES F. 1943. Aszód távolabbi környékének földtani viszonyai. – Magyar Tájak Földtani Leírása. M. Kir. Földt. Int. Bp. 61 p.
- TARNÓCZI F.–BERNÁTH Z.–SAJGÓ ZS. 1988. Radioaktív hulladékelhelyezés. Püspökszilágy. Összefoglaló földtani jelentés. – Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (FTV). Kézirat, MÁFI Földtani Adattár, Bp. 47 p.
- THORNES, J. B.–HAWKES, C. 2000. Application of Medrush in the Guadelentín. – MEDALUS III. Core Project-Figal Report. pp. 609–680.
- TÓTH J. 1997. Településhálózatunk legkisebb elemei. – In: DOVÉNYI Z. (szerk.): Tér-gazdaság-társadalom. MTA FKI Bp. pp. 205–226.
- TÓTH T.–HORVÁTH F. 1999. Van bizonyíték a negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén! – Földt. Közl. 129. pp. 190–204.
- URBANCSEK J. 1963, 1981. Magyarország mélyfúrású kútjainak kataszttere I–XI. – OVH Vizgazdálkodási Intézet, Bp.
- WILLIAMS, J.R.–JONES, C.A.–DYKE, P.T. 1990. The EPIC model. – In: SHARPLEY, A.N.–WILLIAMS, J.R. (eds.): EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. USDA Tech. Bull. 1768. pp. 3–92.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1962. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. – Comm. de l'érosion continentale, Coll. de Bari 1.10–8.10.62. Publ. 59 de l'Ass. Int. d'Hydrol. Scient., Gent-Brugge, pp. 148–159.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. – U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, No. 537, Science and Education Administration USDA, Washington D.C., 58 p.
- ZOBACK, M.L. 1992. First- and second-order of stress in the lithosphere: the World Stress Map Project. – Journal of Geophysical Research, 97. pp. 11703–11728.
- ZSÍROS T. 2000. A Kárpát-medence szeizmicitása és földrengés veszélyessége: Magyar földrengés katalógus (456–1995). – MTA GGKI, Bp. 495 p.

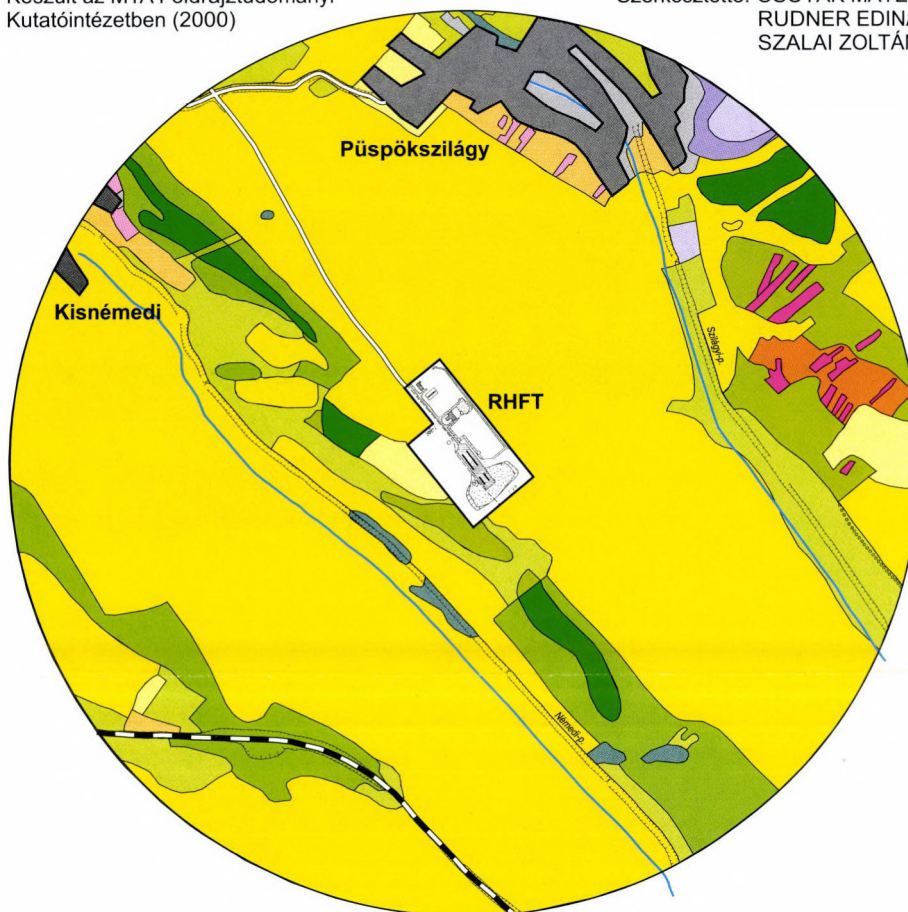
Készült az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetében
A kiadásért felel az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet igazgatója
Felelős vezető: Schweitzer Ferenc
Budapest, 2003

Nyomdai munkálatok: TIMP Kft.

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 1,5 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK TÁJ-(GEO)ÖKOLÓGIAI TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi
Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: CSUTÁK MÁTÉ
RUDNER EDINA
SZALAI ZOLTÁN



0 500 m

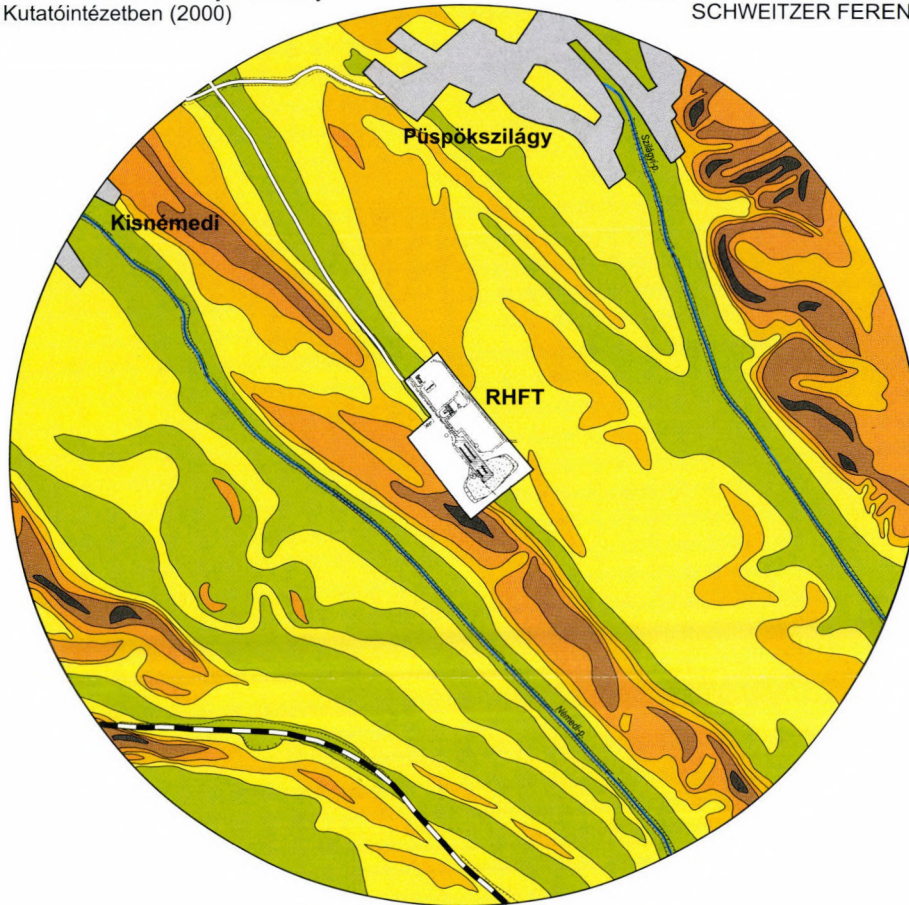
- | | | | |
|----------------|--|----------------|--|
| A ₁ | Állóvíz | C ₁ | Rét-legelő, cserjés
12,5 %-nál enyhébb lejtőn |
| A ₂ | Patak menti szegélytársulás
a völgytalpon | C ₂ | Rét-legelő, cserjés,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn |
| B ₁ | Szántó,
12,5 %-nál enyhébb lejtőn | D ₁ | Lombos erdő,
12,5 %-nál enyhébb lejtőn |
| B ₂ | Szántó,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn | D ₂ | Lombos erdő,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn |
| B ₃ | Szőlő,
12,5 %-nál enyhébb lejtőn | D ₃ | Tülevelű erdő,
12,5 %-nál enyhébb lejtőn |
| B ₄ | Szőlő,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn | D ₄ | Tülevelű erdő,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn |
| B ₅ | Gyümölcsös,
12,5 %-nál enyhébb lejtőn | E ₁ | Település |
| B ₆ | Gyümölcsös,
12,5 %-nál meredekebb lejtőn | E ₂ | Egyéb beépített terület, műtárgy |

..... Ökológiai folyosó szerepet
be nem töltő fasor

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 1,5 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK LEJTŐKATEGÓRIA TÉRKÉPE







Készült az MTA Földrajztudományi
Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS
SCHWEITZER FERENC



0 500 m

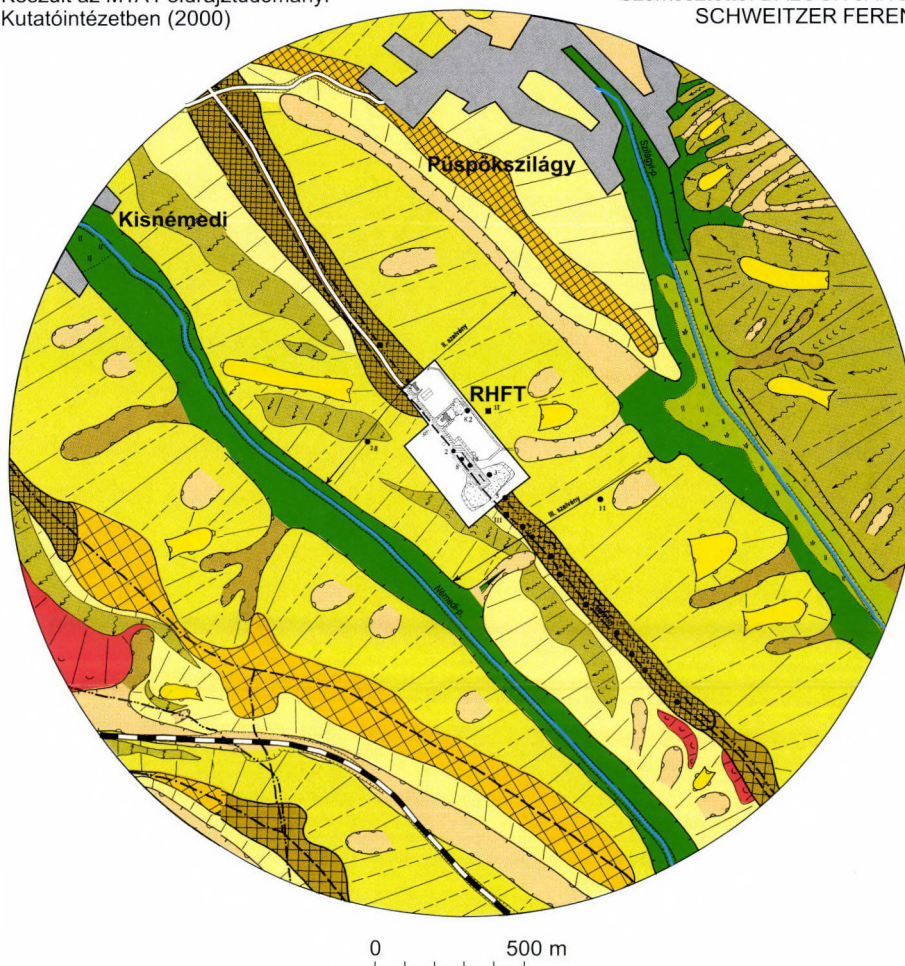
Lejtőkategóriák

	0 – 5 %		17 – 25 %
	5 – 12 %		25 – 35 %
	12 – 17 %		35 % felett

A PÜSPÓKSZILÁGYI RHFT 1,5 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK GEOMORFOLÓGIAI TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi
Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS
SCHWEITZER FERENC



KOMPLEX FORMÁK

- Tetőszint 230 m felett
- Tetőszint 180-230 m között
- Széles völgyközi hát (100 m-nél szélesebb)
- Keskeny völgyközi hát
- Lejtőpihenő

ERÓZIÓS ÉS AKKUMULÁCIÓS FORMÁK

- Eróziós völgy
- Eróziós-deráziós völgy
- Deráziós völgy
- Deráziós fülke
- Eróziós szurdokvölgy, vízmosás
- Belvizes völgytalp

LEJTŐK

- Stábil lejtő
- Felületi erózióval veszélyeztetett lejtő
- Árkos-barázdás erózióval veszélyeztetett lejtő
- Csuszamlásveszélyes lejtő (fossilis csuszamlás)

ANTROPOGÉN FORMÁK

- Tereplépcső
- Szabályozott patakmeder

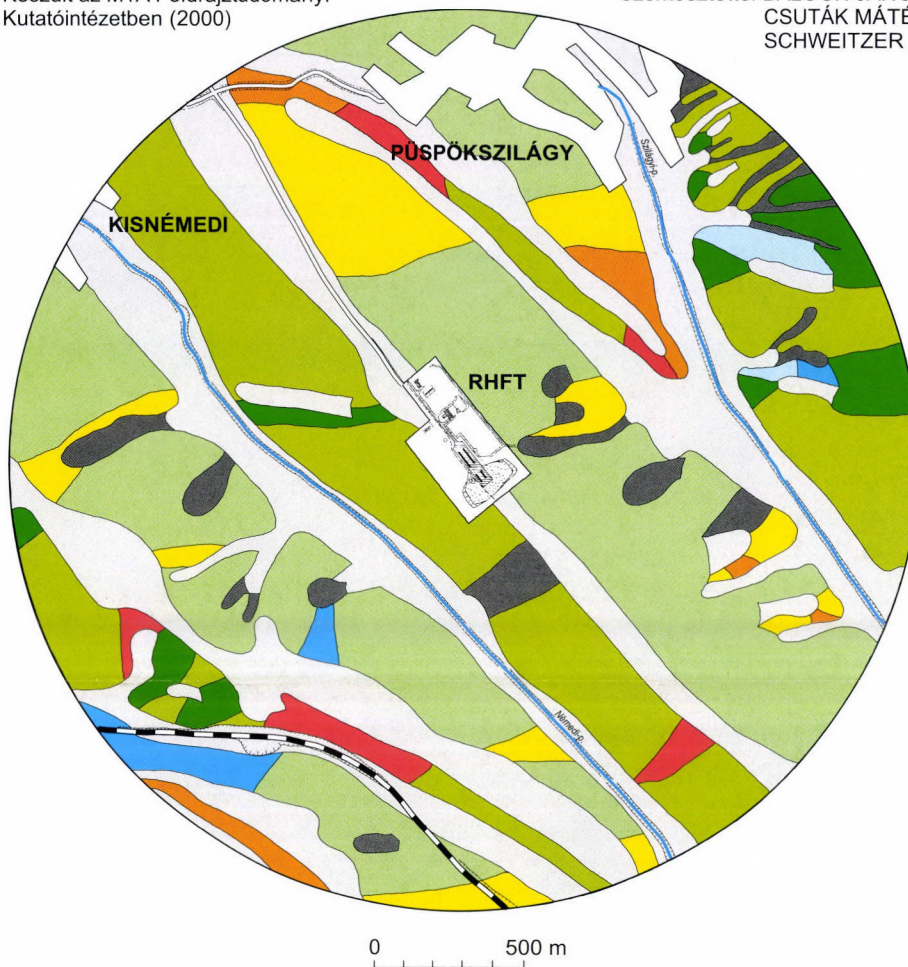
EGYÉB JELEK

- Fúrás
- Talajtani kutatóárok
- Fő vízválasztó
- Vízválasztó
- Közigazgatási határ

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 1,5 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK LEJTŐKITETTSÉG TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi
Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS
CSUTÁK MÁTÉ
SCHWEITZER FERENC



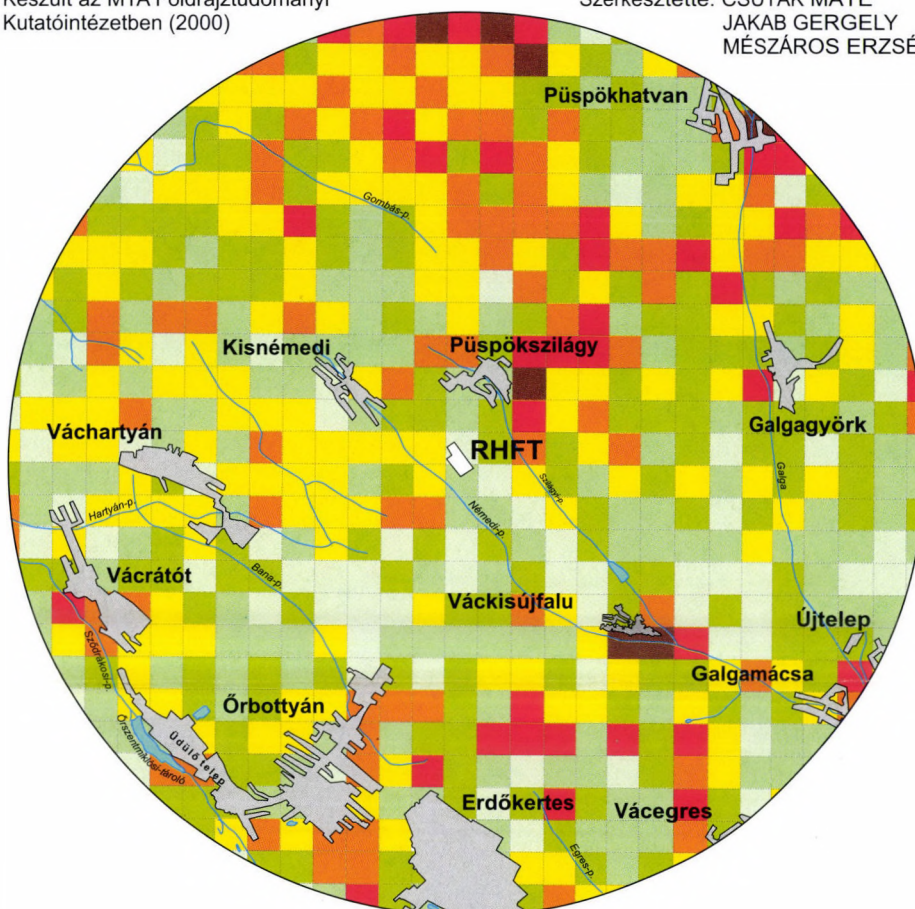
Lejtőkitettség

	Sík, nincs kitettség		Déli
	Északi		Délnyugati
	Északkeleti		Nyugati
	Keleti		Északnyugati
	Délkeleti		Vegyes

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 7 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK FELSZABDALTSÁG TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi
Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: CSUTÁK MÁTÉ
JAKAB GERGELY
MÉSZÁROS ERZSÉBET



0 1 2 km

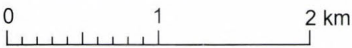
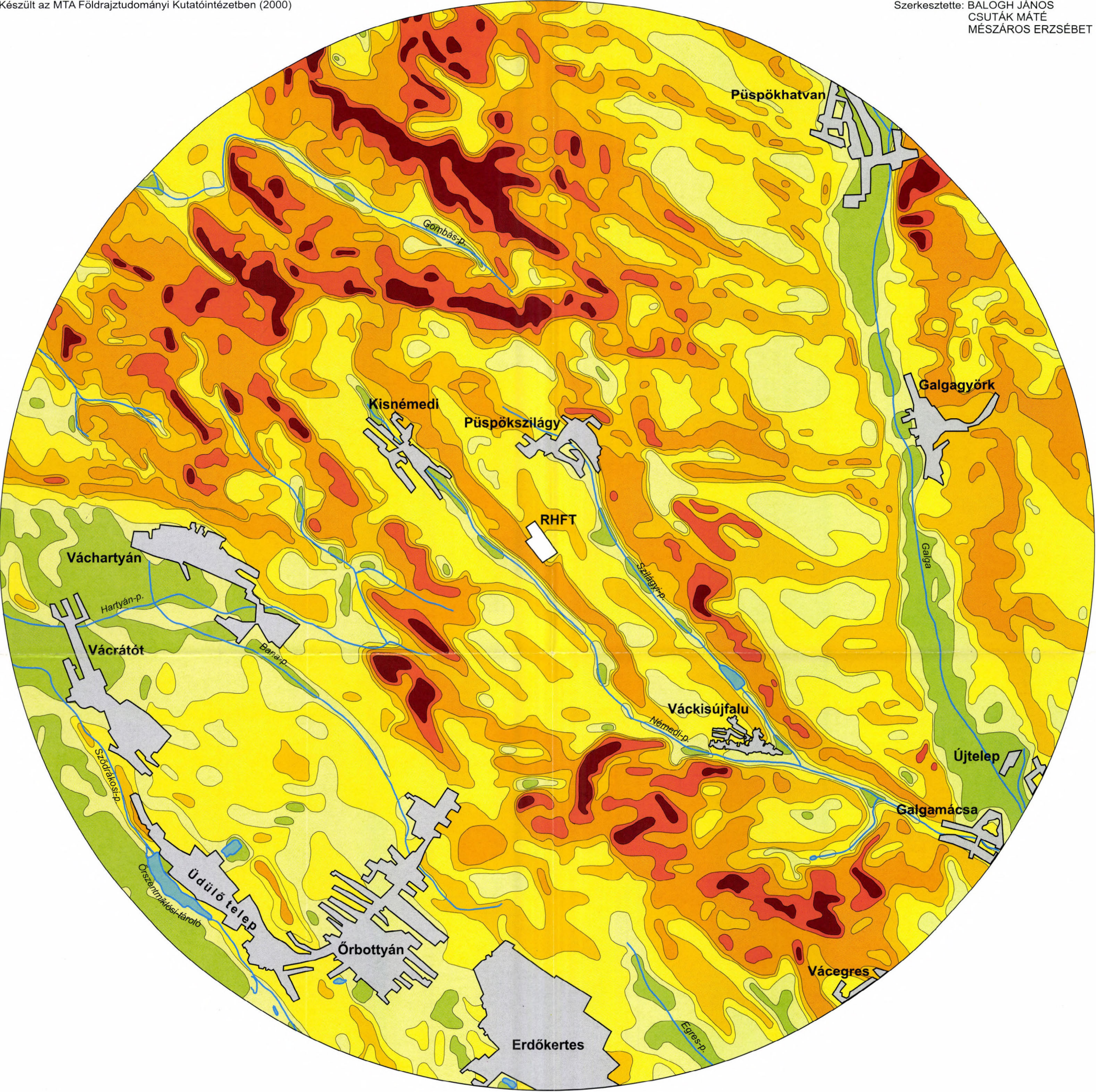
A felszabdaltság mértéke
m/25 ha-ban

0 – 500
500 – 1000
1000 – 1500
1500 – 2000
2000 – 2500
2500 – 3000
3000 felett

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 7 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK RELIEFENERGIA TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS
CSUTÁK MÁTÉ
MÉSZÁROS ERZSÉBET

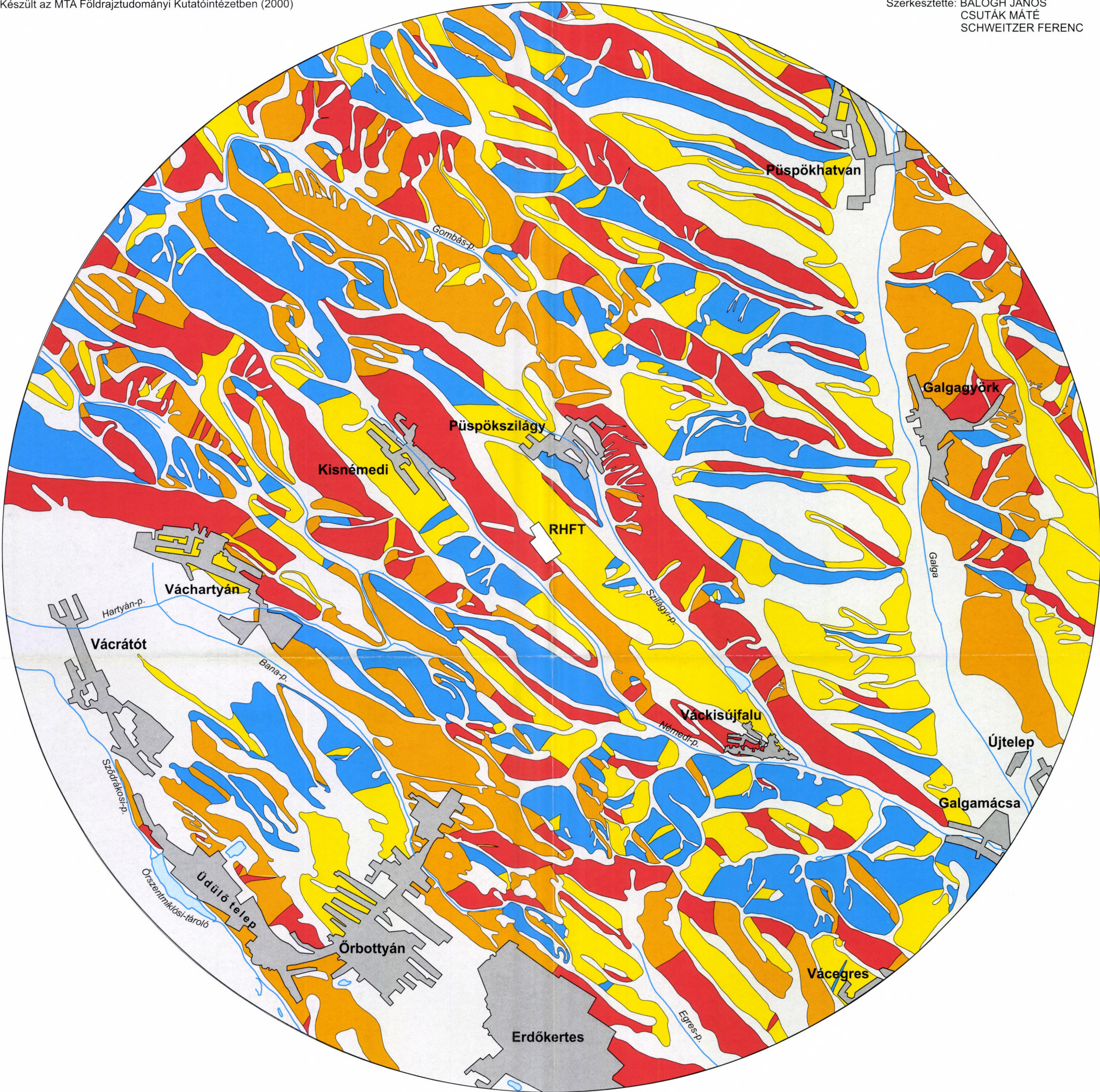


Reliefenergia m/ha	
	0 – 2
	2 – 5
	5 – 10
	10 – 15
	15 – 25
	25 – 35
	35 felett

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 7 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK LEJTŐKITETTSÉG TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS
CSUTÁK MÁTÉ
SCHWEITZER FERENC



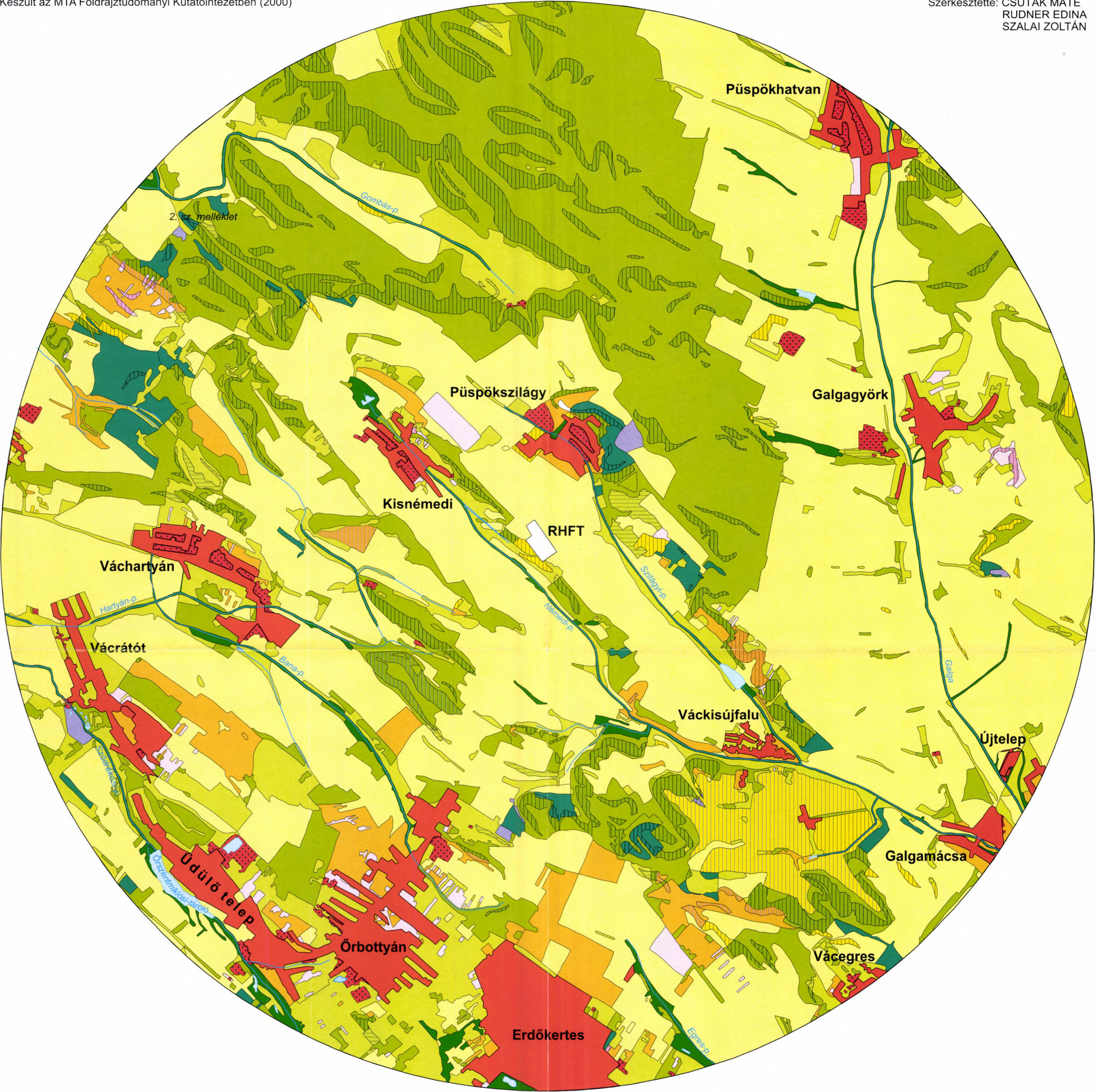
0 1 2 km

- Lejtőkitettség
- Sík, nincs kitettség
 - Északias (ÉNy–É–ÉK)
 - Keleti
 - Déli (DK–D–DNy)
 - Nyugati

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 7 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK TÁJ- (GEO-) ÖKOLÓGIAI TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: CSUTÁK MÁTÉ
RUDNER EDINA
SZALAI ZOLTÁN



- A₁

Állóvíz
- A₂

Patak menti szegélytársulás a völgytalpon
- B₁

Szántó 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- B₂

Szántó 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- B₃

Szőlő 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- B₄

Szőlő 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- B₅

Gyümölcsös 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- B₆

Gyümölcsös 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- C₁

Rét-legelő cserjés 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- C₂

Rét-legelő cserjés, 12,5 %-nál meredekebb lejtőn

- D₁

Lombos erdő 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- D₂

Lombos erdő 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- D₃

Tűlevelű erdő 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- D₄

Tűlevelű erdő 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- D₅















Elegyes erdő 12,5 %-nál enyhébb lejtőn
- D₆

Elegyes erdő 12,5 %-nál meredekebb lejtőn
- E₁

Település
- E₂

Egyéb beépített terület, műtárgy

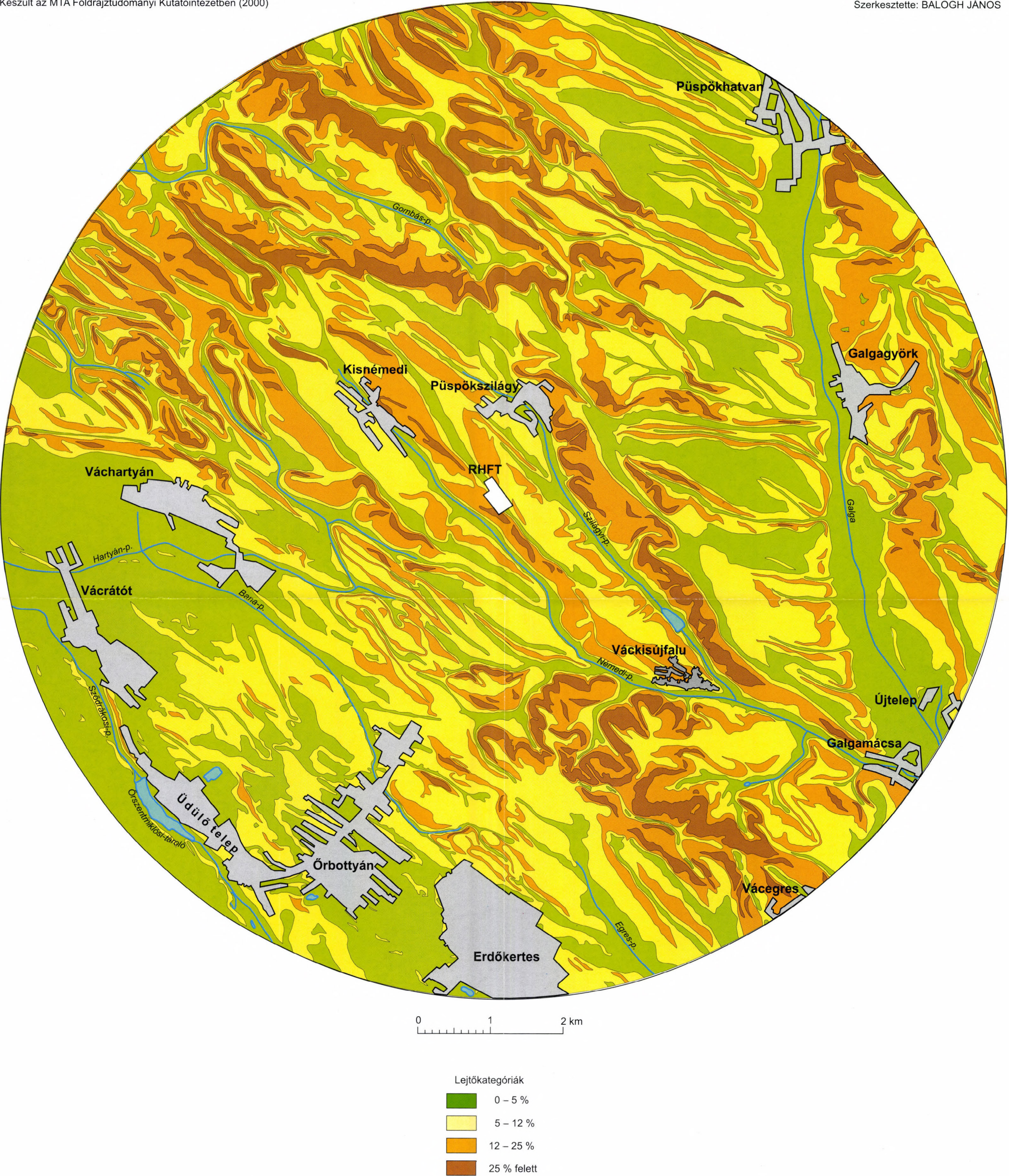


- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Tetőszint 230 m felett |  | Deráziós völgy |
|  | Tetőszint 180-230 m között |  | Deráziós fülke |
|  | Széles völgyközi hát
(100 m-nél szélesebb) |  | Folyóterasz pereme |
|  | Keskeny völgyközi hát |  | Lejtő általában |
|  | Lejtőpihenő |  | Nyereg |
|  | Lapos, széles eróziós völgy |  | Futóhomokkal fedett hordalékkúp sík 150 m tszf. alatt |
|  | Eróziós völgy |  | Futóhomokkal fedett hordalékkúp sík 150-200 m tszf. között |
|  | Eróziós szurdokvölgy |  | Tájhatár |
|  | Eróziós-deráziós völgy | | |

A PÜSPÖKSZILÁGYI RHFT 7 KM-ES KÖRNYEZETÉNEK LEJTŐKATEGÓRIAI TÉRKÉPE

Készült az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben (2000)

Szerkesztette: BALOGH JÁNOS



Az 1976-ban létesített püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) biztonságos működtetése, a károsanyag-kibocsátások megakadályozása és a telephely kedvező környezeti állapotának hosszú távú megóvása a tárolóhely üzemeltetőinek és a környék lakosságának közös érdeke.

Az RHFT környezet- és sugárbiztonsági szintjének feltárása érdekében több éves, a földtudományok számos területét (geomorfológia, szeizmológia, geofizika, hidrológia, talajerózió-kutatás stb.) érintő vizsgálatok folytak a létesítmény területén és tágabb környezetében. Sor került a környéken élők egészségügyi állapotára, táplálkozási szokásaira, gazdasági tevékenységére és mindennapi életvitelére kiterjedő kutatásokra is, amelyek során információkat kaphattunk az RHFT működésének lakossági megítéléséről és az objektummal kapcsolatos ismereteinek mélységéről.

Az RHFT-nek és környezetének minden lényeges sajátosságra kiterjedő bemutatását tartalmazó könyv a fenti kutatások eredményeiről nyújt összefoglaló áttekintést azzal a céllal, hogy a szakmai ismereteken túl az objektum működtetésével kapcsolatos nyílt tájékoztatást is elősegítse a téma iránt érdeklődő olvasók számára.

